



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

VLIV ZDROJŮ TEPLA NA MIKROKLIMA VNITŘNÍHO PROSTORU

THE INFLUENCE OF HEAT SOURCES TO MICROCLIMATE IN INDOORS
SPACE

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. Martina Janková

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. ALEŠ RUBINA, Ph.D.

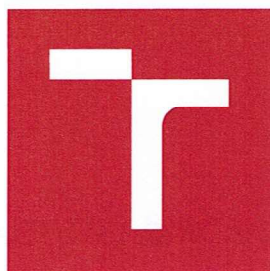
BRNO 2017

DOKLADOVÁ ČÁST

VLIV ZDROJŮ TEPLA NA MIKROKLIMA VNITŘNÍHO PROSTORU

Obsah:

- 1) Zadání
- 2) Popisný soubor závěrečné práce
- 3) Abstrakt v českém jazyce
- 4) Bibliografická citace
- 5) Prohlášení o původnosti VŠKP
- 6) Poděkování




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

STUDIJNÍ PROGRAM	N3607 Stavební inženýrství
TYP STUDIJNÍHO PROGRAMU	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
STUDIJNÍ OBOR	3608T001 Pozemní stavby
PRACOVÍŠTĚ	Ústav technických zařízení budov

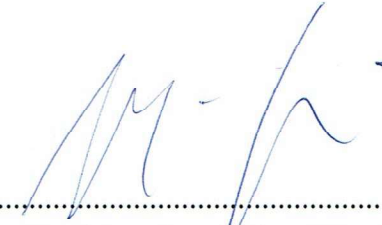
ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

DIPLOMANT	Bc. Martina Janková
NÁZEV	Vliv zdrojů tepla na mikroklima vnitřního prostoru
VEDOUcí DIPLOMOVÉ PRÁCE	doc. Ing. Aleš Rubina, Ph.D.
DATUM ZADÁNÍ	31. 3. 2016
DATUM ODEVZDÁNÍ	13. 1. 2017

V Brně dne 31. 3. 2016


.....
doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.
Vedoucí ústavu




.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

1. Stavební dokumentace zadané budovy
2. Aktuální právní předpisy ČR
3. České i zahraniční technické normy
4. Odborná literatura
5. Zdroje na internetu

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ (ZADÁNÍ, CÍLE PRÁCE, POŽADOVANÉ VÝSTUPY)

A. Analýza tématu, cíle a metody řešení

Analýza zadaného tématu, normové a právní podklady

Cíl práce, zvolené metody řešení

Teoretická rešerše vnitřních a vnějších zdrojů tepla a jejich vliv na tepelné mikroklima vnitřního prostoru

B. Aplikace tématu na zadané budově

Návrh technického řešení vzduchotechnických systémů pro odvod tepelné zátěže ve 2 variantách v zadané specializaci v rozsahu studie projektu s grafickými výstupy výkresů (půdorysy v měřítku min. 1:100), technický popis navržených řešení a popis výhod a nevýhod řešení pro každou variantu. Návrh technického řešení bude proveden s ohledem na akumulaci tepla řešeného prostoru.

C. Matematicko – fyzikální řešení a následné zpracování výsledků

Řešení využívající výpočetní techniku a modelování postihující zadanou problematiku. V rámci teoretické části práce budou provedeny pomocí dostupného software výpočty dynamického chování vybraného vnitřního prostoru. Zjištěná data budou využita v části aplikace tématu na zadané budově.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



doc. Ing. Aleš Rubina, Ph.D.

Vedoucí diplomové práce

POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Vedoucí práce	doc. Ing. Aleš Rubina, Ph.D.
Autor práce	Bc. Martina Janková
Škola	Vysoké učení technické v Brně
Fakulta	Stavební
Ústav	Ústav technických zařízení budov
Studijní obor	3608T001 Pozemní stavby
Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Název práce	Vliv zdrojů tepla na mikroklima vnitřního prostoru
Název práce v anglickém jazyce	The influence of heat sources to microclimate in inc
Typ práce	Diplomová práce
Přidělovaný titul	Ing.
Jazyk práce	Čeština
Datový formát elektronické verze	PDF

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá vlivem zdrojů tepla na mikroklima vnitřního prostoru. Cílem bylo provést výpočty dynamického chování vnitřního prostoru a na tyto zjištěná data navrhnout vzduchotechnické systémy pro odvod tepelné zátěže. V praktické části jsou jednotlivé systémy popsány a následně zhodnoceny z hlediska energetické náročnosti a tepelného komfortu.

KLÍČOVÁ SLOVA

VZT systém, chladicí výkon, klimatizace, chladicí okruh, energetická náročnost budovy, spotřeba energie, tepelná zátěž

ABSTRACT

This master thesis with the influence of heat sources to microclimate in indoor space. The aim of the thesis was to make the calculations of the dynamic behavior in indoor space and suggest ventilation systems for exhaust heat load. for found values. In the practical part of the thesis, individual systems are describing and then they are valorizing in accordance with energy intensity and thermal comfort.

KEYWORDS

VZT system, cooler factor (EER), air conditioning, cooling circuit, energy intensity of the building, energy consumption, heat load

Bibliografická citace VŠKP

Bc. Martina Janková *Vliv zdrojů tepla na mikroklima vnitřního prostoru*. Brno, 2017. 94 s. 6 příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce doc. Ing. Aleš Rubina, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

Prohlášení:

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 13.1.2017

.....
podpis autora
Bc. Martina Janková

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 13.1.2017

.....
podpis autora
Bc. Martina Janková

Poděkování:

Za odbornou, pedagogickou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce děkuji doc.Ing. Aleši Rubinovi, Ph.D. Dále bych ráda poděkovala za podporu mé rodině.

OBSAH

ÚVOD	21
A. ANALÝZA TÉMATU, CÍLE A METODY ŘEŠENÍ.....	22
1 CÍL PRÁCE	26
2 METODY ŘEŠENÍ	26
2.1 ČSN 73 05 40-4.....	26
2.2 ČSN EN ISO 13 792	26
2.3 PRINCIP METOD	27
3 ZVOLENÁ METODA ŘEŠENÍ	28
4 VNITŘNÍ A VNĚJŠÍ ZDROJE TEPLA A JEJICH VLIV NA MIKROKLIMA VNITŘNÍHO PROSTORU	28
4.1 STÍNÍCÍ PRVKY	32
4.1.1 VNĚJŠÍ STÍNÍCÍ PRVKY	32
4.1.2 VNITŘNÍ STÍNÍCÍ PRVKY	33
4.2 STÍNÍCÍ SOUČINITEL	34
4.3 VLIV STÍNÍCÍCH PRVKŮ NA VNITŘNÍ MIKROKLIMA	36
4.4 ODVOD TEPELNÉ ZÁTĚŽE	40
B. APLIKACE TÉMATU NA ZADANÉ BUDOVĚ	39
1 APLIKACE TÉMATU NA OBJEKTU	44
1.1 ANALÝZA OBJEKTU	44
1.2 POPIS VARIANT PRO ŘEŠENÍ DANÉHO OBJEKTU	45
PRVNÍ VARIANTA	45
DRUHÁ VARIANTA	46
TŘETÍ VARIANTA	46
2 POUŽITÉ SYSTÉMY	49
3 VÝHODY A NEVÝHODY ŘEŠENÍ NAVRŽENÝCH VARIANT	52
C. MATEMATICKO - FYZIKÁLNÍ ŘEŠENÍ A NÁSLEDNÉ ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKU	49
1 ÚVOD K ZADANÉ PROBLEMATICE	55
2 ANALÝZA OBJEKTU	56
2.1 SKLADBY KONSTRUKCE	57
2.2 VÝPOČET CHOVÁNÍ MÍSTNOSTI PRO LETNÍ OBDOBÍ	58
2.3 POSOUZENÍ NA NEJVYŠŠÍ DENNÍ TEPLoty V MÍSTNOSTI.....	59

2.4	VÝSLEDNÉ HODNOTY PRŮBĚHU TEPLoty A TEPELNÉ ZÁTĚŽE PROSTORU	62
3	ŘEŠENÍ NAVRŽENÝCH VARIANT.....	64
3.1	KLIMATICKÁ DATA	64
3.2	VARIANTA 1	66
3.2.1	POPIS SYSTÉMU	66
3.2.2	TEPELNÉ CHOVÁNÍ MÍSTNOSTI PRO VARIANTU 1	67
3.2.3	VÝPOČET SPOTŘEBY ELEKTRICKÉ ENERGIE	69
3.2.4	REGULACE VÝKONU KOMPRESORU - INVERTOR	72
3.3	VARIANTA 2.....	78
3.3.1	POPIS SYSTÉMU	78
3.3.2	TEPELNÉ CHOVÁNÍ MÍSTNOSTI VARIANTY 2	79
3.3.3	VÝPOČET SPOTŘEBY ELEKTRICKÉ ENERGIE	81
3.4	VARIANTA 3.....	83
3.4.1	POPIS SYSTÉMU	83
3.4.2	TEPELNÉ CHOVÁNÍ MÍSTNOSTI VARIANTY 3	84
3.4.3	VÝPOČET SPOTŘEBY ELEKTRICKÉ ENERGIE	85
4	ZHODNOCENÍ VARIANT	88
	SEZNAM PŘÍLOH:	93

ÚVOD

Tématem mé diplomové práce je vliv zdrojů tepla na mikroklima vnitřního prostoru. Jde především o zhodnocení navržených variant VZT systémů pro odvod tepelné zátěže z hlediska energetické náročnosti a tepelného komfortu prostoru.

Teoretická část se zabývá metodami pro řešení tepelného chování místnosti, vnitřními a vnějšími zdroji tepla a odvodem vzniklé tepelné zátěže.

V praktické části jsou aplikované tři navržené varianty VZT systémů pro odvod tepelné zátěže. Navržené systémy jsou řešeny na objektu motorestu v Rakvicích. Doloženy jsou, výpočty tepelné zátěže objektu, posouzení skladeb stavební konstrukce, popis použitých systémů navržených variant a přiloženou výkresovou dokumentací.

Výpočtovou část tvoří simulace tepelného chování prostoru, výpočty potřebných chladících výkonů a spotřeby elektrické energie navržených VZT systémů. Na závěr je uvedeno zhodnocení těchto systémů.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

A. ANALÝZA TÉMATU, CÍLE A METODY ŘEŠENÍ

VLIV ZDROJŮ TEPLA NA MIKROKLIMA VNITŘNÍHO PROSTORU

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. Martina Janková

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. ALEŠ RUBINA, Ph.D.

BRNO 2017

OBSAH

OBSAH	25
1 CÍL PRÁCE	26
2 METODY ŘEŠENÍ	26
2.1 ČSN 73 05 40-4.....	26
2.2 ČSN EN ISO 13 792	26
2.3 PRINCIP METOD	27
3 ZVOLENÁ METODA ŘEŠENÍ	28
4 VNITŘNÍ A VNĚJŠÍ ZDROJE TEPLA A JEJICH VLIV NA MIKROKLIMA VNITŘNÍHO PROSTORU	28
4.1 STÍNÍCÍ PRVKY	32
4.1.1 VNĚJŠÍ STÍNÍCÍ PRVKY	32
4.1.2 VNITŘNÍ STÍNÍCÍ PRVKY	33
4.2 STÍNÍCÍ SOUČINTEL	34
4.3 VLIV STÍNÍCÍCH PRVKŮ NA VNITŘNÍ MIKROKLIMA	36
4.4 ODVOD TEPELNÉ ZÁTĚŽE	40

1 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo provést výpočty dynamického chování vnitřního prostoru pomocí dostupného softwaru a na zjištěná data navrhnout systémy pro odvedení tepelné zátěže. VZT systémy budou následně zhodnoceny z hlediska energetické náročnosti a tepelného komfortu vnitřního prostoru. Zadaná problematika je řešena na objektu motorestu v Rakvicích, kde z důvodu velkých vnějších a vnitřních tepelných zisků je nutné zřídit VZT systém pro odvod tepelné zátěže.

2 METODY ŘEŠENÍ

2.1 ČSN 73 05 40-4

Použití programů pracujících na základě dynamické simulace jsou pro hodnocení letní tepelné stability v souladu s ČSN 73 0540-4, přílohou G. Metody využívající dynamických simulací dokáží zachytit reálné chování budovy.

Dle ČSN 73 0540-2 je požadována nejvyšší denní teplota vzduchu pro nevýrobní objekty 27 °C. Určuje se pro tzv. kritickou místnost, která je definována jako místnost s největší plochou přímo osluněných výplní otvorů orientovaných na Z, JZ, J, JV a V.

2.2 ČSN EN ISO 13 792

Klasická metoda je zjednodušená metoda dle ČSN EN ISO 13792, podle které se běžně v posledních 10 letech v České republice posuzuje letní tepelná stabilita.

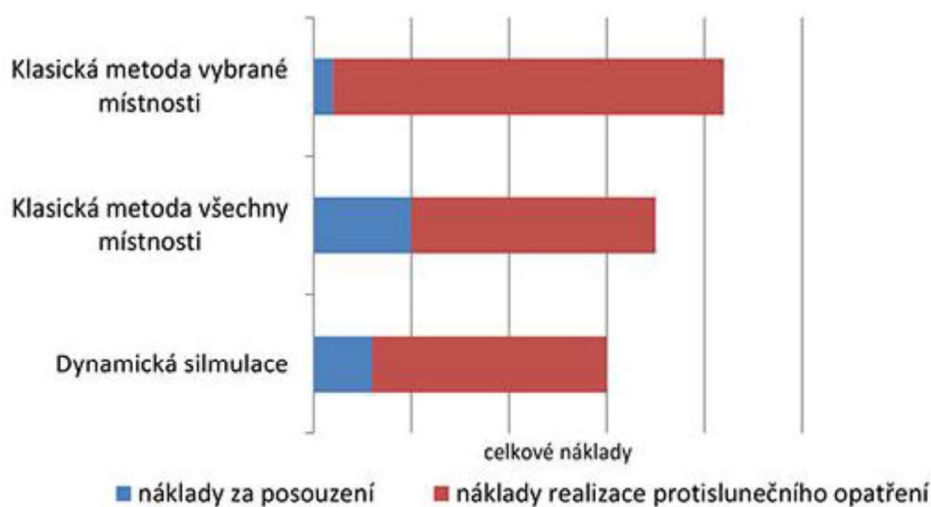
Dle ČSN EN ISO 13792 se provádí výpočet nejvyšší teploty vzduchu v místnosti v letním období pro 21. srpen.

2.3 Princip metod

U „klasické metody“ se posuzuje každá místnost samostatně, kdežto u „dynamické simulace“ probíhá vyhodnocování všech místností najednou (kde je zohledněn vliv reálné teploty vzduchu každé místnosti). Posouzení všech místností „klasickou metodou“ je více pracné a vede k vyšším nákladům za posudek. V běžné praxi se tedy „klasickou metodou“ neposuzují všechny místnosti, ale návrh opatření se stanovuje na základě vybraných kritických místností. Tím lze uspořit náklady na posouzení letní tepelné stability. Tento předpoklad má však několik nevýhod:

- výsledky nejsou přesné, protože musejí být více na straně bezpečné, a tudíž navrhovaná opatření jsou přísnější,
- nelze uplatnit poznámku v ČSN, že na 2 hodiny lze připustit překročení požadované teploty o 2°C.

V závěrečném hodnocení těchto dvou metod je znatelný rozdíl. Celkové náklady na posouzení a náklady na realizaci protislunečního opatření jsou po výpočtu „klasickým posouzením“ a metodou „dynamické simulace“ odlišná. Většina místností posouzena metodou „dynamické simulace“ splňuje požadavky dle ČSN již bez dalšího použití stínění nebo pouze s vnitřním stíněním. Tato rozdílnost má velký vliv na realizační náklady protislunečního opatření. V hodnocení letní tepelné stability pomocí dynamické simulace tedy vykazuje uspoření nákladů na stínění viz Obr.1.[9]



Obr. 1 Porovnání nákladů na posouzení a realizaci opatření [10]

3 ZVOLENÁ METODA ŘEŠENÍ

Jako výpočtový model pro dynamickou simulaci teplotních a vlhkostních poměrů v místnosti v čase byl zvolen program Teruna v1.5b.

Sestavený matematický model je řešen numerickými metodami a je sestaven pro určení časového průběhu teploty vzduchu a povrchů stěn v místnosti na základě expozice místnosti nestacionárními klimatickými vlivy, mezi které patří intenzita slunečního záření, teplota venkovního vzduchu a vnitřní tepelné zisky od lidí, přístrojů, svítidel apod. Dále je sestaven pro určení aktuální potřeby tepla nebo chladu místnosti nestacionárními klimatickými vlivy a vnitřními tepelnými zisky pro udržení předepsané teploty vzduchu v místnosti. [24]

Výchozí předpoklady, užití metody a způsob ovládání programu směřují pro návrh větrání nebo klimatizace, resp. stavebního řešení z hlediska stavební fyziky. Jedná se o rozhodnutí o optimálním stínění oken s ohledem na ohřívání místnosti v letním období, či o tom, zda je možné pouhým větráním bez chlazení udržet v létě teplotu v místnosti v požadovaných mezích, popř. za použití nočního větrání apod. Primárním cílem je tedy porovnávání různých variant technického řešení. [24]

4 VNITŘNÍ A VNĚJŠÍ ZDROJE TEPLA A JEJICH Vliv NA MIKROKLIMA VNITŘNÍHO PROSTORU

Je třeba zajistit optimální stav, kdy jsou ve vnitřním prostředí budov dodrženy základní hygienické požadavky na mikroklimatické parametry požadované našimi předpisy při minimalizaci energií potřebných k jejich zajištění. Pro dodržení požadovaného optimálního stavu je nutno odvádět tepelnou zátěž vnitřních a vnějších zdrojů tepla, které ovlivňují vnitřní prostředí.

Tepelnou zátěž rozdělujeme do dvou skupin:

- Tepelná zátěž od vnitřních zdrojů tepla
- Tepelná zátěž od vnějších zdrojů tepla

Tepelná zátěž z vnitřních zdrojů tepla

Do vnitřních zdrojů tepla patří například produkce tepla od osob, svítidel, produkce tepla od strojů nebo výrobních technologií, přestup tepla od přilehlé místnosti.

Produkce tepla od osob

Produkce tepla zahrnuje pouze citelné teplo, které závisí na druhu činnosti člověka a teplotě vzduchu. Je uvažována i rozdílná produkce tepla pro muže, ženy a děti. Základem je produkce tepla mužů z toho ženy tvoří 85% a děti 75%.

Produkce tepla svítidel

S produkcí tepla od svítidel se uvažuje, pokud jsou svítidla v provozu během tepelné zátěže. U svítidel se počítá s celým elektrickým příkonem jako s teplem, které se šíří sáláním a konvekcí do prostoru. Toto produkované teplo je poníženo součinitelem současnosti používání svítidel a zbytkovým součinitelem.

Produkce tepla elektromotorů

U výpočtu produkce tepla elektromotory se uvažuje, že se celý elektrický příkon přemění na teplo. Dále se uvažuje skutečnost provozu a účinnost motoru.

Produkce tepla elektromotorů

Teplo produkují i všechna elektrická zařízení jako jsou počítače, televizory, tiskárny apod. Je-li součet všech zařízení pod 100 W, nemusí se ve výpočtu uvažovat.

Ostatní zdroje tepla

Pokud klimatizovaná místnost sousedí s místností s odlišnou teplotou. V jídelnách se dále uvažuje s produkcí tepla od jídel a následně podle třídy restaurace počet jídel na místo u stolu za hodinu. Produkce tepla jednoho jídla se uvažuje 5 Wh.



Obr. 2 Tvorba vnitřního prostředí staveb [11]

Tepelná zátěž z vnějšího prostředí

Vnější tepelnou zátěž členíme:

- prostup slunečního záření okny (konvekcí, radiací)
- konvekci a prostup tepla stěnou
- zátěž vlivem infiltrace venkovního vzduchu (větráním)

Tepelná zátěž okny

Tepelný tok okny má z hlediska výpočtu dvě složky: prostup tepla konvekcí a prostup tepla radiací. Prostup tepla konvekcí počítáme z plochy okna, rozdílu teplot na obou stranách a součinitele prostupu tepla oknem. U prostupu tepla radiací uvažujeme s přímou radiací a difúzní radiací. Přímá sluneční radiace závisí na úhlu dopadu paprsku na okenní otvor. Difúzní radiace je stálá a nezávisí na poloze slunce. Intenzita sluneční radiace (součet přímé a difúzní radiace) je uvedena pro jednotlivé denní a roční časy. U výpočtu je uvažováno s korekcí čistoty atmosféry a stínícím součinitelem.

Jako hmotnost stěn pro akumulaci tepla se uvažuje u stěn menších jak 0,16m a větších jak 0,16m. U stěn s tloušťkou menší jak 0,16m se uvažuje hmotnost poloviční tloušťky stěny. U stěn s větší tloušťkou než 0,16m se uvažuje s akumulační hmotností nejvíce 0,08m.

Tepelná zátěž stěnami

Pokud tvoří fasádu převážně prosklené plochy, má prostup tepla stěnou malý význam. Při výpočtu se dosazují teploty na obou stranách stěny. Výpočet prostupu tepla stěnou lze zjednodušit rozdělením vnější konstrukce na lehkou, středně těžkou a těžkou.

Tepelné zisky infiltrací vnějšího vzduchu

S infiltrací čerstvého vzduchu je uvažováno, pouze pokud jsou dveře spojené přímo s vnějším prostředím nebo prostorem s odlišnou teplotou vzduchu. Dále se s infiltrací uvažuje u podtlakově navržených klimatizačních systémů, kde se počítá s objemovým rozdílem přírodního a odvodního vzduchu. [23]

Z hlediska stavebního řešení objektu mají největší podíl zisků především zisky od oslunění. Lze jim zabránit v podobě použití stínících prvků, využitím okolní zeleně, vodních ploch, apod.). Stínění v podobě přesahů střech, nebo horizontálních stínících prvků je omezené kvůli době, kdy je slunce vysoko nad obzorem. Nejúčinnějším opatřením stínění je venkovními žaluziemi s ohledem na přístup denního osvětlení. Vliv stínících prvků na tepelnou zátěž a průběh vnitřní teploty prostoru viz níže.

4.1 Stínící prvky

Stínící prvky oken můžeme rozdělit na vnitřní a vnější stínící prvky.

4.1.1 Vnější stínící prvky

Stromy

Snižují ohřívání vnějších neprůsvitných povrchů tím, že odstíní sluneční paprsky dříve, než projdou skrz zasklení. Stromy mohou být neekonomičtějším stínícím prvkem pro budovy. Výhodou je přizpůsobení danému počasí, v létě stíní nežádoucí sluneční záření, v zimě naopak sluneční záření propouští. Nevýhodou je doba čekání, než přinesou očekávaný efekt.



Obr. 3 Stromy jako stínící prvek [12]



Obr. 4 Slunolam [13]

Slunolamy

Častým stínícím prvkem fasády jsou slunolamy, které se vyskytují jako pevné nebo posuvné. Slunolamy tvoří lamely s různou délkou vyložení, mohou být horizontální či vertikální. Redukují průnik přímého slunečního záření do vnitřního prostoru budovy a brání přehřívání vnitřního vzduchu. Přesto, že brání přímému slunečnímu záření, dovolují dostatečný průnik světla do místnosti.

Venkovní žaluzie

Venkovní žaluzie přímo zastíňují prosklené plochy budov a tím zaručují velkou efektivitu ve snížení průniku slunečního záření. Lamely žaluzií se mohou libovolně nastavovat a tím regulovat osvětlení v interiéru. Pokud žaluzie nejsou potřeba, dají se uchovat v boxu nad okenním otvorem.



Obr. 5 Venkovní žaluzie [14]



Obr. 6 Venkovní rolety [15]



Obr. 7 Markýza [16]

Venkovní rolety

Venkovní rolety tvoří svislé na sebe navazující lamely, které zabezpečují zastínění za horkých letních dnů plynulým rolováním z boxu. Montáží před okno zvyšují předokenní rolety i zvukovou ochranu, tepelnou izolaci a tím i úsporu energie.

Markýza

Markýza slouží k zastínění teras, balkónů a zahradních posezení, tím brání prostupu slunečního záření do vnitřního prostoru. Představuje výrazná designový prvek fasády. Podle potřeby lze markýzu ručně nebo mechanicky vysouvat a zasouvat.

4.1.2 Vnitřní stínící prvky

Vnitřní žaluzie

Vnitřní žaluzie tvoří lamely, pomocí kterých lze regulovat množství světla v interiéru. Na rozdíl od vnějších žaluzií nezabrání dopadu přímého slunečního záření na sklo okna.

Textilní stínění

Závěsy a záclony patří mezi nejstarší stínící techniku, které slouží k částečnému nebo úplnému zastínění prostoru a tím i k zabránění slunečnímu záření.



Obr. 8 Vnitřní žaluzie [17]



Obr. 9 Textilní stínění [18]

4.2 Stínící součinitel

Snížení vnitřní teploty vzduchu stínícími prvky ovlivňuje stínící součinitel. Stínící součinitel je bezrozměrná veličina, určená poměrem tepelného toku sledovanou průhlednou nebo průsvitnou plochou a tepelného toku standardním oknem za stejných podmínek. Stínící součinitel s vyjadřuje, jaká část radiace prochází sledovaným oknem vzhledem ke standardnímu jednoduchému oknu.

Výpočet stínícího součinitele je dán:

$$s = \frac{I_{o,i}}{I_{o,e}} \quad (1.1)$$

$I_{o,i}$ - celková sluneční radiace dopadající na prosklenou část okna [W/(m²K)]

$I_{o,e}$ - celková sluneční radiace procházející prosklenou částí okna do interiéru [W/(m²K)]

Hodnoty stínících součinitelů s pro různá provedení oken a stínících prvků dle ČSN 730548 v tab. 4.3.1 [7]

Tabulka 4.3.4 Hodnoty stínících součinitelů s pro různá provedení oken a stínících prvků

Druh zasklení	S	Stínící prvky	s
Jednoduché sklo	1, 00	vnitřní žaluzie lamely 45° světlé	0, 56
Dvojité sklo	0, 90	vnitřní žaluzie lamely 45° střední barvy	0, 65
Jednoduché determální Sklo	0, 70	vnitřní žaluzie lamely 45° tmavé	0, 75
vnější determální, vnitřní obyčejné	0, 60	vnější žaluzie lamely 45° světlé	0, 15
reflexní sklo dvojité, špičkové výrobky	0, 24	vnější markýzy, meziprostor větrán	0, 30
vnější reflexní sklo průměrné jakosti, vnitřní obyčejné	0, 60	meziokenní žaluzie prostor nevětrán	0, 50
zdvojené reflexní sklo dobré jakosti	0, 30	reflexní záclony světlé, vnější reflexní vrstva	0, 60
barevné vrstvy stříkané světlé	0, 80	závěsy:bavlna, umělá vlákna	0, 80
barevné vrstvy stříkané střední	0, 70	reflexní záclony tmavé, vnější reflexní vrstva	0, 70
reflexní fólie tmavá	0, 25	-	-
reflexní fólie světlá	0, 42	-	-
sklo s drátěnou vložkou	0, 80	-	-

Při kombinaci několika způsobů stínění se získá výsledná hodnota s vynásobením dílčích hodnot:

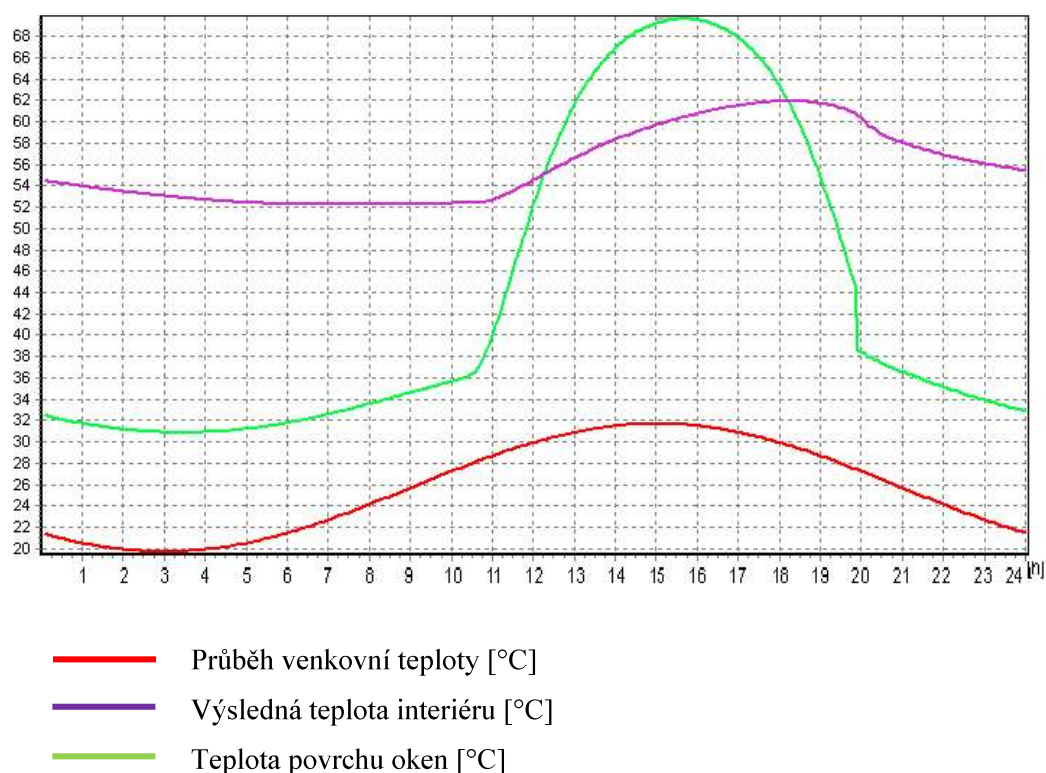
$$S = S_1 * S_2 * ... * S_n \quad (1.2)$$

Jestliže je část okna zastíněna, musí se stanovit ta část, která je osluněna. [7]

4.3 Vliv stínících prvků na vnitřní mikroklima

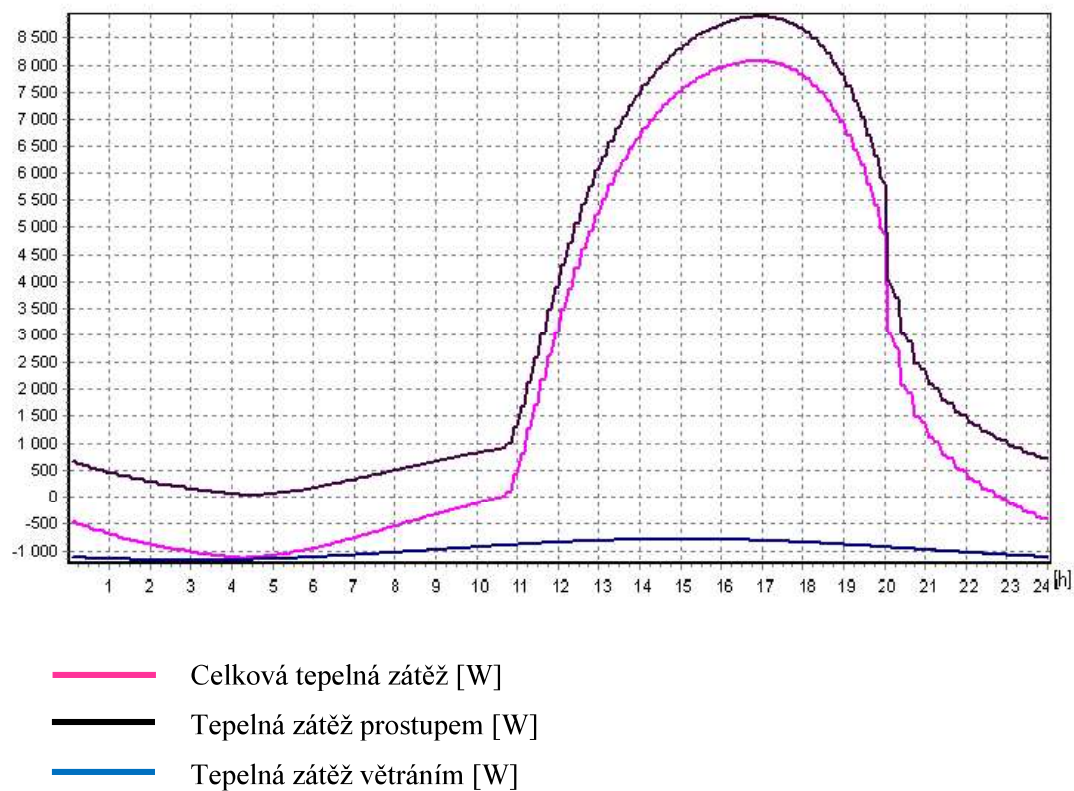
V letním období je naším cílem snížit tepelnou zátěž vnitřního prostoru, která je tvořena především tepelnými zisky od oslunění. To zajistíme za pomoci použití stínících prvků. Vliv stínících prvků byl počítán a simulován v programu Teruna v1.5b.

Bez stínících prvků



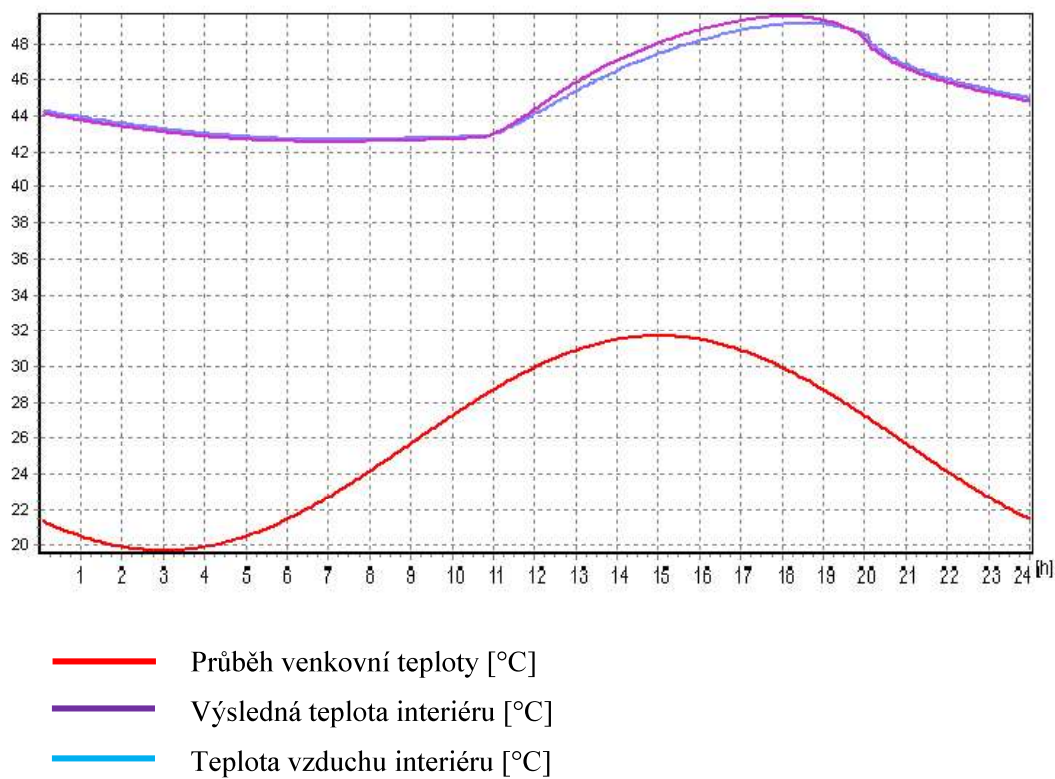
Obr. 10 Průběh teploty vnitřního prostoru bez stínících prvků

Bez stínících prvků dosahuje teplota interiéru 62 °C a výsledná tepelná zátěž 8 kW.

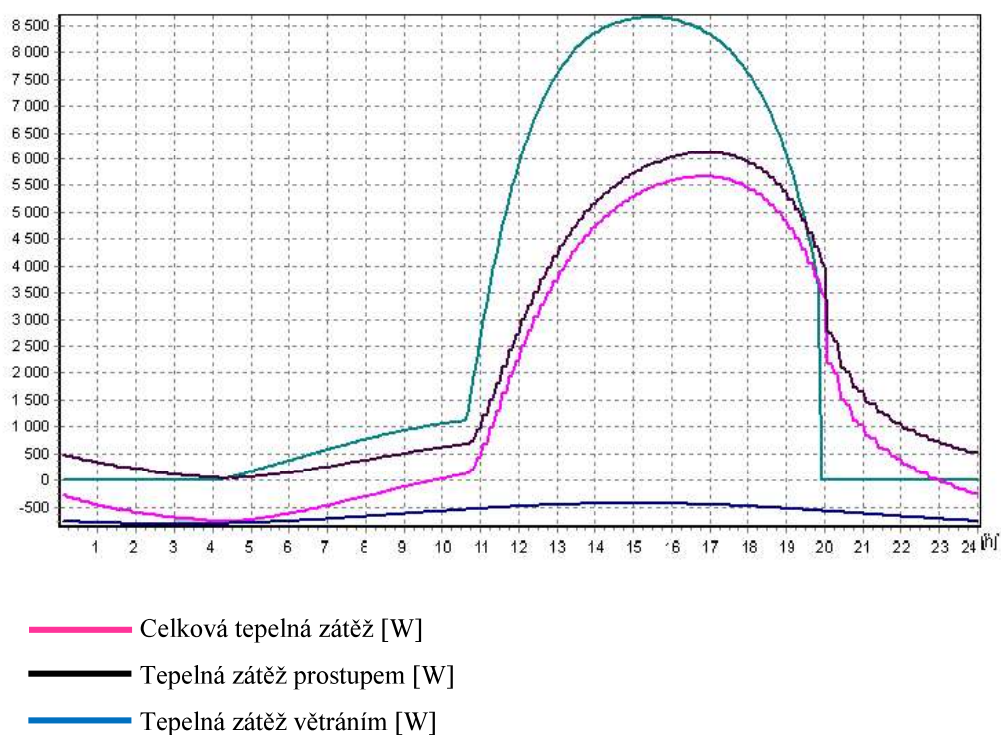


Obr. 11 Výsledná tepelná zátěž

Stínění vnitřní žaluzií



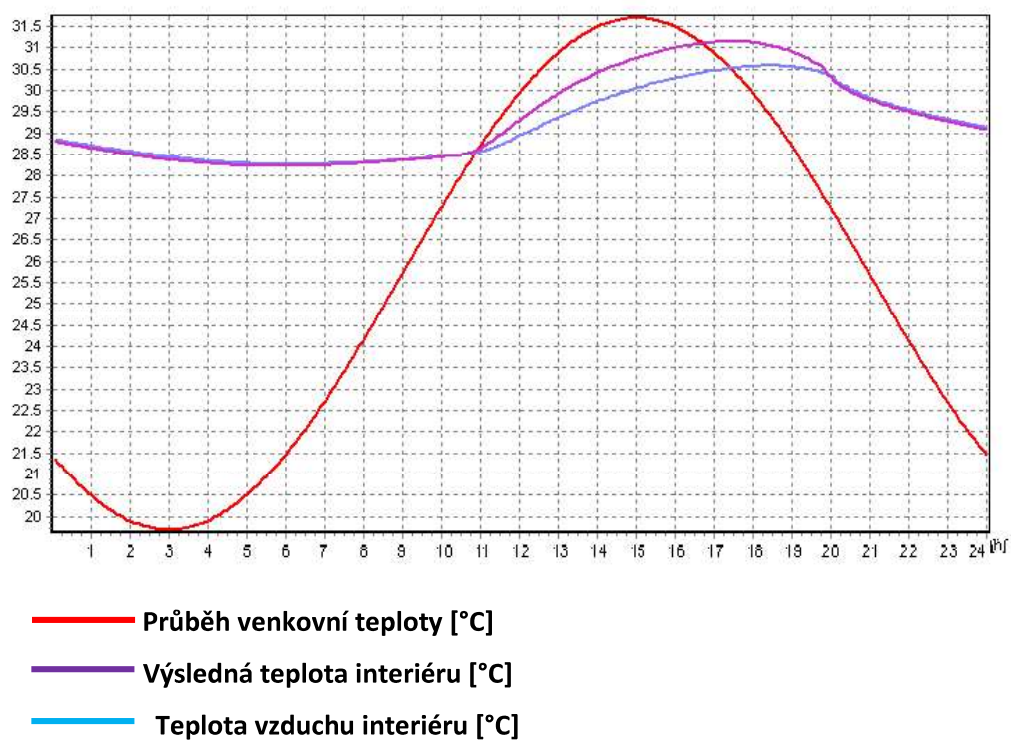
Obr. 12 Průběh teploty vnitřního prostoru s vnitřní žaluzií



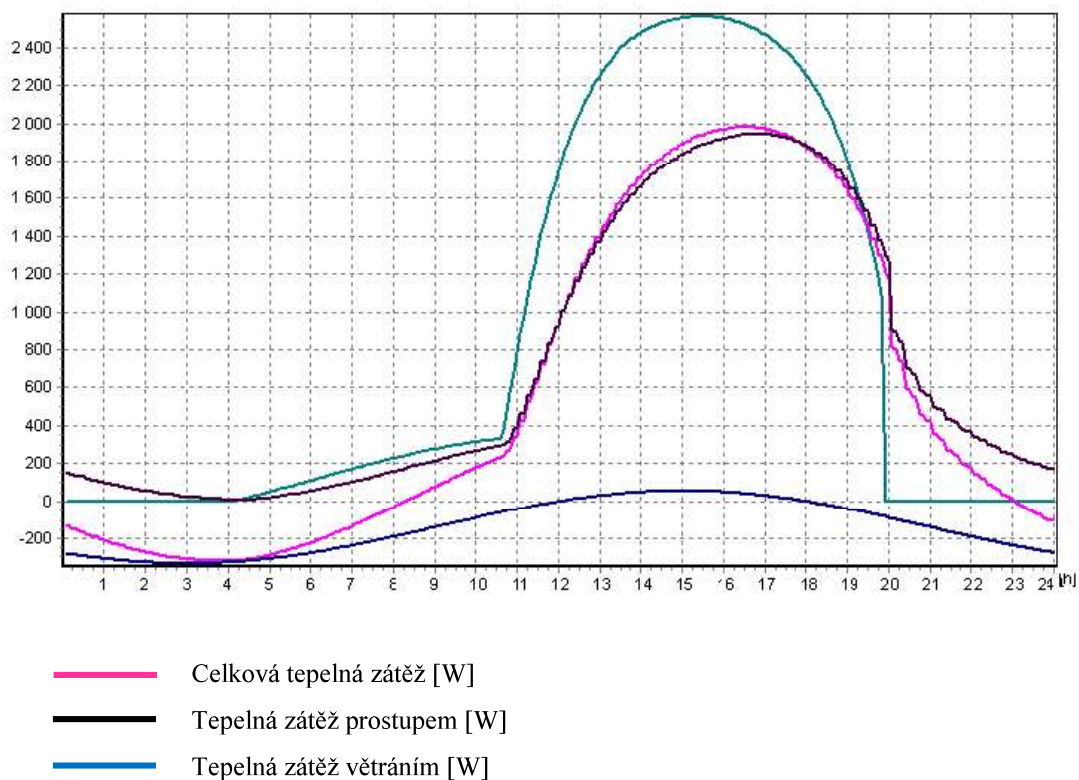
Obr. 13 Výsledná tepelná zátěž

Stíněním vnitřní žaluzií dosahuje teplota interiéru 49 °C a výsledná tepelná zátěž 5,5 kW.

Stínění venkovní žaluzií



Obr. 14 Průběh teploty vnitřního prostoru s venkovní žaluzií



Obr. 15 Výsledná tepelná zátěž

U stínění vnější žaluzií dosahuje teplota interiéru 31 °C a výsledná tepelná zátěž 2 kW.

Z těchto výsledků je znatelné, že stínění vnější žaluzií je nejvíce efektivním stínícím prvkem proti tepelným ziskům od oslunění.

Snižování vnitřních tepelných zisků je poněkud problematické. V současnosti je snaha používat zejména úsporné osvětlení zářivkovými nebo LED svídky. Ke snížení potřeby energie by rovněž napomohlo řízené umělé osvětlení.

Na snížení potřeby chladu se rovněž podílí stavební konstrukce, které jsou schopny akumulovat tepelnou energii (akumulační schopnost budovy). Takovými konstrukcemi jsou zejména těžké stavební konstrukce jako např. betonová podlaha nebo strop, ovšem na akumulaci se mohou podílet i vnitřní příčky, venkovní stěny nebo vybavení místností. U lehkých obytných budov bez chlazení, kde je akumulační schopnost minimální, nastávají problémy s udržení teplotních podmínek během letních měsíců. [9]

4.4 Odvod tepelné zátěže

Pro stanovení návrhového chladicího výkonu hledáme špičkovou kombinaci vnitřní a vnější tepelné zátěže. Vhodné je znát i tepelnou zátěž v průběhu roku.

Pro návrh chlazení je nutné zohlednit požadavky prostoru na vnitřní prostředí chlazeného prostoru jako je operativní teplota, rychlost vzduchu a asymetrie sálání pro povolenou míru komfortu. Je nutné brát i ohled na druh provozu, jestli chladíme prostředí s výskytem osob nebo technologií.

Dále se zohledňují technické požadavky. Připojení zdroje chladu, jako je: elektrický příkon a potřeba tepla, prostorové požadavky, způsob rozvodu chladu do objektu a jeho sdílení pro odvod tepelné zátěže z prostoru.

Pokud technický systém neobsahuje vliv akumulace chladu v zásobníku, je potřebný chladicí výkon roven maximální hodnotě tepelné zátěže. [8]



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

B. APLIKACE TÉMATU NA ZADANÉ BUDOVĚ
VLIV ZDROJŮ TEPLA NA MIKROKLIMA VNITŘNÍHO PROSTORU

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. Martina Janková

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. ALEŠ RUBINA, Ph.D.

BRNO 2017

OBSAH

1	APLIKACE TÉMATU NA OBJEKTU	44
1.1	ANALÝZA OBJEKTU	44
1.2	POPIS VARIANT PRO ŘEŠENÍ DANÉHO OBJEKTU	45
	PRVNÍ VARIANTA	45
	DRUHÁ VARIANTA	46
	TŘETÍ VARIANTA	46
2	POUŽITÉ SYSTÉMY	49
3	VÝHODY A NEVÝHODY ŘEŠENÍ NAVRŽENÝCH VARIANT	52

1 APLIKACE TÉMATU NA OBJEKTU

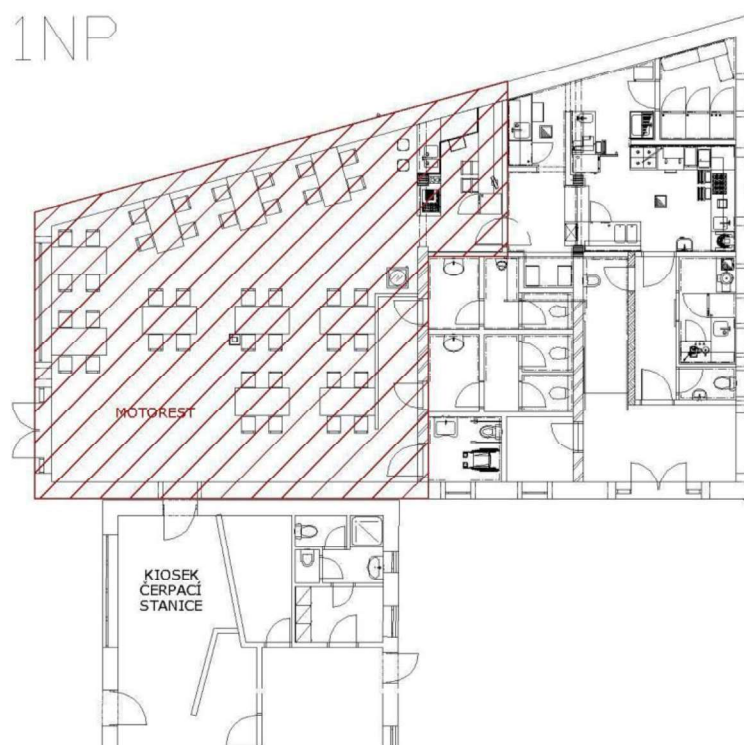
V praktické části diplomové práce byly navrženy tři varianty VZT systémů teplovzdušného větrání a klimatizace a dochlazování. Zvolené varianty se liší způsobem odvodu tepelné zátěže prostoru při stejné distribuci a množstvím přiváděného vzduchu. První varianta je řešena pomocí sestavné centrální VZT jednotky, která zajišťuje teplovzdušné větrání a klimatizaci, spolu se systémem přímého chlazení typu Multi-split. Druhá varianta se skládá pouze z centrální VZT jednotky, která také zajišťuje teplovzdušné větrání a klimatizaci (s integrovaným zdrojem chladu) o vyšším chladícím výkonu. Ve třetí variantě je použit stejný VZT systém jako ve variantě první s využitím nočního větrání pro akumulaci chladu.

1.1 Analýza objektu

Navržené VZT systémy byly aplikovány v nově budovaném objektu motorestu v Rakvicích. Jedná se o dvoupodlažní budovu motorestu s ubytovnou. V 1.NP se nachází kuchyně se zázemím a prostor restaurace se zázemím. Ve 2.NP jsou umístěny ubytovací jednotky. Novostavba objektu sousedí se stávajícím kioskem čerpací stanice pohonných hmot na jihovýchodní straně objektu. V rámci diplomové práce jsou řešeny pouze prostory restaurace v 1.NP.



Obr. 16 Vizualizace motorestu v Rakvicích



Obr. 17 Řešená oblast objektu motorestu

1.2 Popis variant pro řešení daného objektu

Navržené VZT systémy se zabývají technickým řešením vzduchotechnických systémů pro odvod tepelné zátěže. Řešená oblast je počítána jako jeden funkční celek.

První varianta

Objekt je obsluhován samostatně pomocí dvou zařízení.

Zařízení č. 1 – Teplovzdušné větrání motorestu a klimatizace

Zařízení č. 2 – Dochlazování motorestu

První zařízení tvoří centrální vzduchotechnická jednotka ve venkovním provedení, která zajistí dvoustupňovou filtraci, čerstvého vzduchu, rekuperaci pomocí deskového výměníku tepla, ohřev a chlazení čerstvého přiváděného vzduchu ve VZT zařízení zajistí integrovaný kompresorový okruh umístěný ve VZT jednotce. Pro dochlazení prostoru slouží VZT systém přímého chlazení typu Multi-split.

Druhá varianta

Pro obsluhovaný prostor je navržena sestavná centrální VZT jednotka ve venkovním provedení podobná jako v první variantě (Zařízení č. 1 – Teplovzdušné větrání motorestu a klimatizace). Jednotka obsahuje integrovaný kompresorový okruh s vyšším chladicím výkonem (jeden chladicí okruh s osazeným výparníkem a kondenzátorem na proud vzduchu). S vyšším chladicím výkonem zdroje chladu není zapotřebí dochlazovat prostor systémem přímého chlazení Multi-splity.

Třetí varianta

Systém chlazení je obdobný jako v první variantě.

Zařízení č. 1 – Teplovzdušné větrání motorestu a klimatizace

Zařízení č. 2 – Dochlazování motorestu

Pro obsluhovaný prostor je navržena sestavná centrální VZT jednotka ve venkovním provedení a dochlazení pomocí systému přímého chlazení typu Multi-split. Jednotka obsahuje integrovaný kompresorový okruh (jeden chladicí okruh s osazeným výparníkem a kondenzátorem na proud vzduchu). K těmto dvěma zařízením je navrženo noční větrání s akumulací chladu, v době kdy je teplota venkovního vzduchu menší než teplota interiéru. Díky naakumulovanému chladu před počátkem tepelné zátěže je dosaženo úspory na chlazení během dne.

Pro výpočet tepelné zátěže byl použit program Teruna v1.5b. Ukázka výpočtu pomocí softwaru Teruna v1.5b je na následujících stránkách.

VÝPOČET TEPELNÉ ZÁTĚŽE

ZA NESTACIONÁRNÍCH PODMÍNEK

ZADANÉ PRVKY DO VÝPOČTU :

Venkovní stěna

- Stěna vnější západ (37.68m², 0.545m, 0.1077W/mK, 1385kg/m³, 987kJ/kgK)

Venkovní stěna

- Stěna vnější jihozápad (4.845m², 0.545m, 0.1077W/mK, 1385kg/m³, 987kJ/kgK)
- 01 JZ (9.1m², 1.1W/m²K)
- 02 JZ (6.625m², 1.1W/m²K)

Venkovní stěna

- Stěna vnější jihovýchod (5.5m², 0.545m, 0.1077W/mK, 1385kg/m³, 987kJ/kgK)

Symetrická stěna

- Strop (94.23m², 0.395m, 0.177W/mK, 1057kg/m³, 946kJ/kgK)

Symetrická stěna

- Stěna vnitřní 300 (12.81m², 0.32m, 0.112W/mK, 1466kg/m³, 987kJ/kgK)
- 02 900 (1.77m², 2W/m²K)
- 02 700 (1.38m², 2W/m²K)
- 02 700 (1.38m², 2W/m²K)
- 02 800 (1.58m², 2W/m²K)

Symetrická stěna

- Stěna vnitřní 150 (18.24m², 0.16m, 0.11W/mK, 1501kg/m³, 974kJ/kgK)

Podlaha

- Podlaha (94.23m², 0.549m, 0.166W/mK, 1635kg/m³, 1065kJ/kgK)

Další akumul. Hmota

- nábytek (20m², 200kg, 800kJ/kgK)

Symetrická stěna

- Stěna vnější k čerpací stanici (21.27m², 0.545m, 0.1077W/mK, 1383kg/m³, 987kJ/kgK)
- 02 JV do čerpací stanice (2.55m², 2W/m²K)

VSTUPNÍ ÚDAJE :

Výpočet proveden pro období od 21.7. do 21.7.

Časový krok: 300s

Objem místnosti: 232m³

Ve výpočtu bylo zavedeno:

Simulace oblačnosti: NE

Referenční rok: NE

Uvažován vliv sluneční radiace: ANO

Načtená klimatická data: NE

Osvětlení[1]: 20 - 22h, 800W

Větrání[1]: 0 - 24h, 100m³/h

Ostatní tepelné zdroje[1]: 8 - 11h, 200W

Ostatní tepelné zdroje[2]: 11 - 13h, 420W

Ostatní tepelné zdroje[3]: 13 - 17h, 200W

Ostatní tepelné zdroje[4]: 17 - 19h, 420W

Ostatní tepelné zdroje[5]: 19 - 22h, 200W

Odpar vody: NE

Biologická produkce[1]: 8 - 11h, 75kg, počet osob: 20

Biologická produkce[2]: 11 - 13h, 75kg, počet osob: 42

Biologická produkce[3]: 13 - 17h, 75kg, počet osob: 20

Biologická produkce[4]: 17 - 19h, 75kg, počet osob: 42

Biologická produkce[5]: 19 - 22h, 75kg, počet osob: 20

Sálavé plochy: NE

VÝSLEDKY :

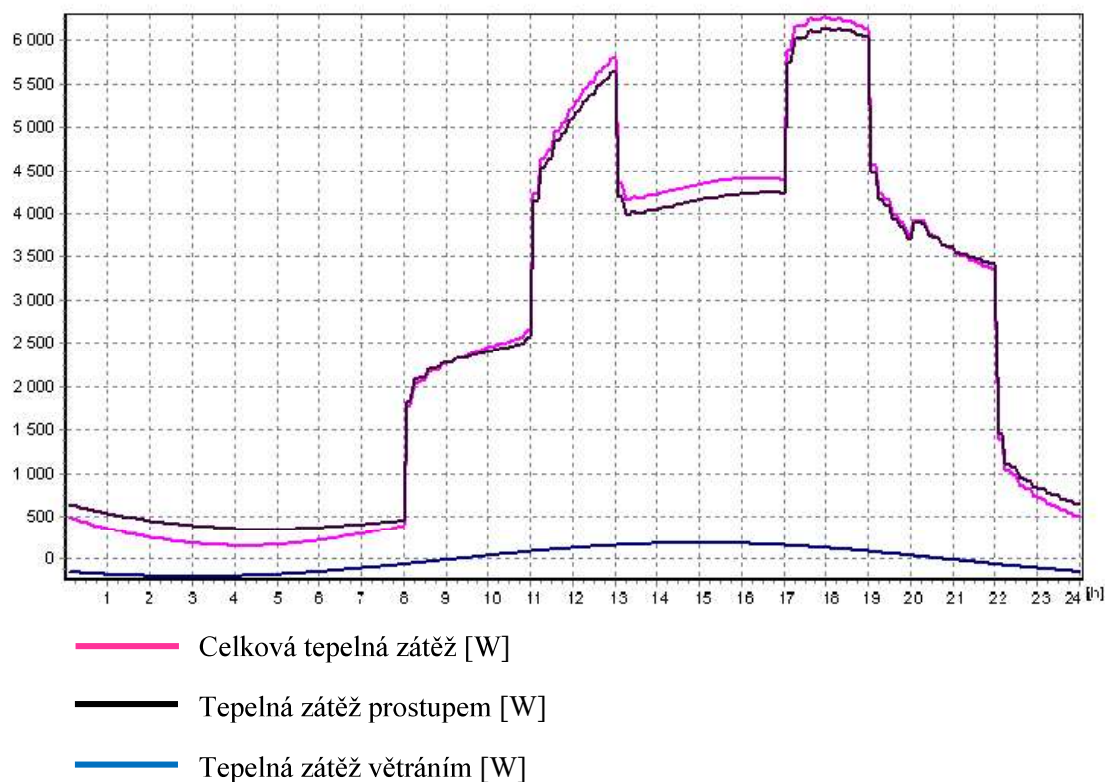
Maxima tepelné zátěže:

21.7. 17.25h: Citelné teplo Max= 6269W

21.7. 4.25h: Citelné teplo Min= 150.67W

21.7. 17.25h: Vázané teplo=2337.78W Merna Tz = 6.44W/K

21.7. 17.25h: Potřeba chladu = 61.94kWh Potřeba tepla = 0kWh



Obr. 18 Výsledná tepelná zátěž

Výsledná hodnota maxima tepelné zátěže během dne dosahuje 6,2 kW.

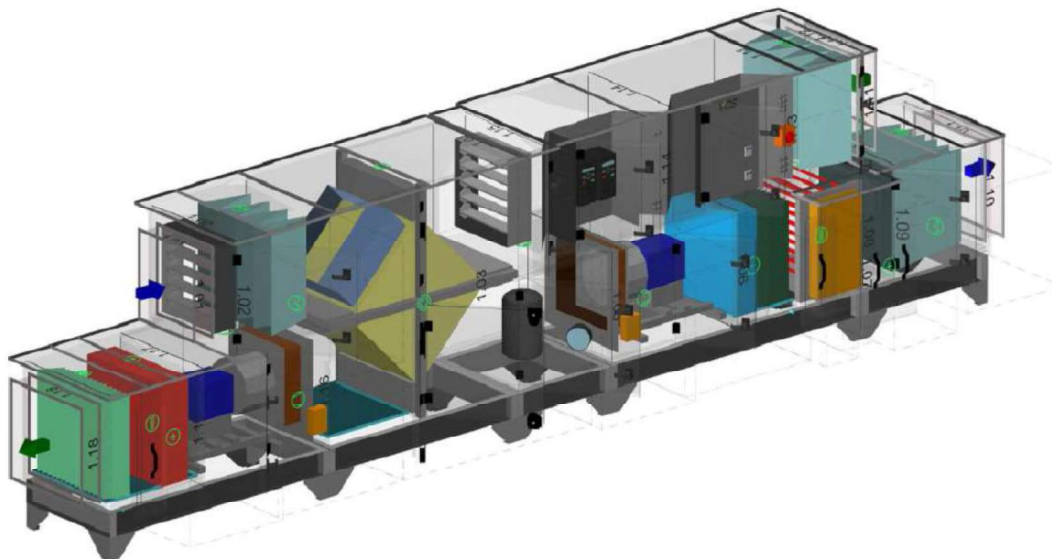
2 POUŽITÉ SYSTÉMY

Centrální VZT jednotka

Zařízení č. 1 – Teplovzdušné větrání motorestu a klimatizace (pro všechny navržené varianty). Centrální VZT jednotka umístěná na střeše objektu, která zajišťuje dvoustupňovou filtraci čerstvého vzduchu M5+F7, rekuperaci pomocí deskového výměníku tepla, ohřev a chlazení pomocí přímého chlazení (integrováný zdroj chladu a tepla ve VZT jednotce), dohřev pomocí elektrického ohřívače, bez řízené úpravy relativní vlhkosti v zimním a letním období.

Sání čerstvého a výfuk znehodnoceného vzduchu je řešen přes protidešťové žaluzie osazené na VZT potrubí přímo na střeše objektu a je koncipováno tak, aby nedošlo ke zpětnému nasátí znehodnoceného vzduchu.

Filtrovaný a tepelně upravený vzduch (teplota přívodního vzduchu podle požadavku $t_p = 22$ až 24°C) je do obsluhovaných prostorů transportovaný čtyřhranným potrubím z pozinkovaného plechu třídy těsnosti B.



Obr. 19 Centrální VZT jednotka ve venkovním provedení

Přívod vzduchu v obsluhovaných prostorách je proveden přes koncové elementy s turbulentním prouděním s horizontálním vířivým výtokem vzduchu (anemostaty) a šterbinové vyústky pro ofukování prosklené plochy okna. Před každým koncovým elementem je osazena těsná regulační klapka. Odvod znehodnoceného vzduchu je taktéž potrubním rozvodem třídy těsnosti B s osazenými koncovými elementy – odvodními anemostaty a talířovými ventily. Před každým koncovým elementem je osazena těsná regulační klapka.



Obr. 20 koncový element pro distribuci vzduchu v prostoru

Izolace na centrálním VZT systému: přívodní potrubní rozvod je v daném podlaží ve směru od jednotky do vnitřního prostoru tepelně izolovaný tvrzenou tepelnou nenasákavou izolací tl.40mm – zabránění kondenzace vodní páry v letním období. Ve stoupacím potrubí je jak přívodní, tak i odvodní vzduchovod izolovaný protipožární izolací. V exteriéru jsou přívodní a odvodní vzduchovody od jednotky směrem do interiéru izolovány tepelnou izolací tl. 100 mm s oplechováním. Potrubí, kde je to z hlediska požárně-bezpečnostního řešení vyžadované, je izolované protipožární izolací s atestem s požadovanou dobou odolnosti. V prostoru kuchyně jsou veškeré procházející vzduchovody izolovány tvrzenou tepelnou nenasákavou izolací tl.40mm – zabránění kondenzace vodní páry.

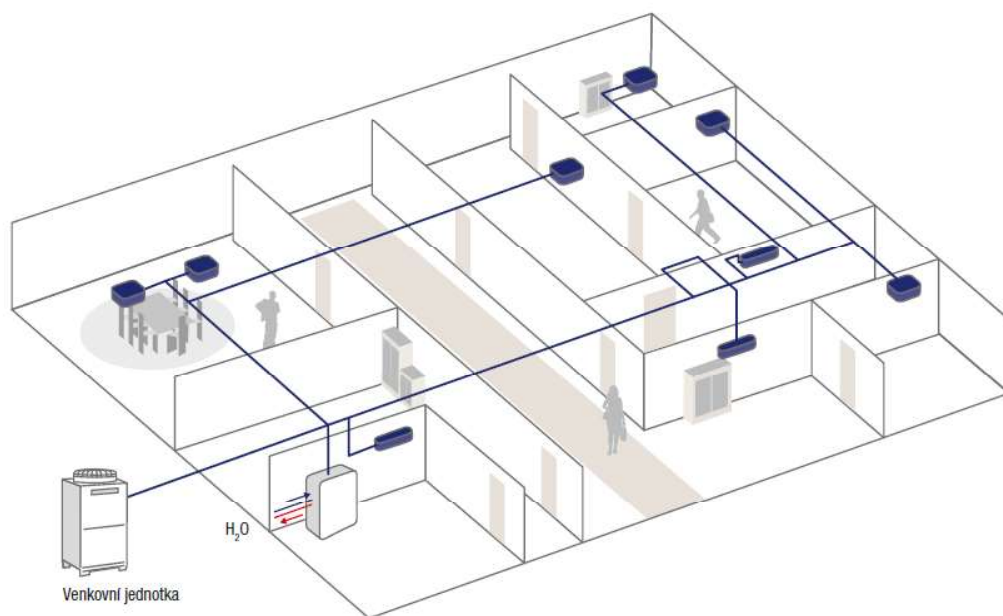
Přímé chlazení - Multi-split

Pro dochlazování prostorů motorestu je navržen systém přímého chlazení typu Multi-split. Systém tvoří jeden kompaktní celek s osazenými vnitřními jednotkami a jednou jednotkou venkovní.

Venkovní kondenzační jednotka je umístěna na střeše objektu a je propojena chladivovým potrubím s rozdělovačem chladiva, který je umístěn v podhledu v daném podlaží. Do rozdělovače jsou napojeny jednotlivé vnitřní jednotky. Jsou uvažovány jednotky kazetové s čerpadly kondenzátu. Ovládání jednotlivých vnitřních jednotek bude prostřednictvím infraovladače umístěného v dané obsluhované místnosti.



Obr. 6 Venkovní a vnitřní jednotky typu Multi-split



Obr. 21 Připojení venkovní a vnitřní jednotky Multi-splitu [20]

3 VÝHODY A NEVÝHODY ŘEŠENÍ NAVRŽENÝCH VARIANT

Zhodnocení a porovnání navržených variant VZT systému pro odvod tepelné zátěže pro objekt motorestu viz kapitola C „MATEMATICKO – FYZIKÁLNÍ ŘEŠENÍ A NÁSLEDNÉ ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ“.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

**C. MATEMATICKO – FYZIKÁLNÍ ŘEŠENÍ A
NÁSLEDNÉ ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ**
VLIV ZDROJŮ TEPLA NA MIKROKLIMA VNITŘNÍHO PROSTORU

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. Martina Janková

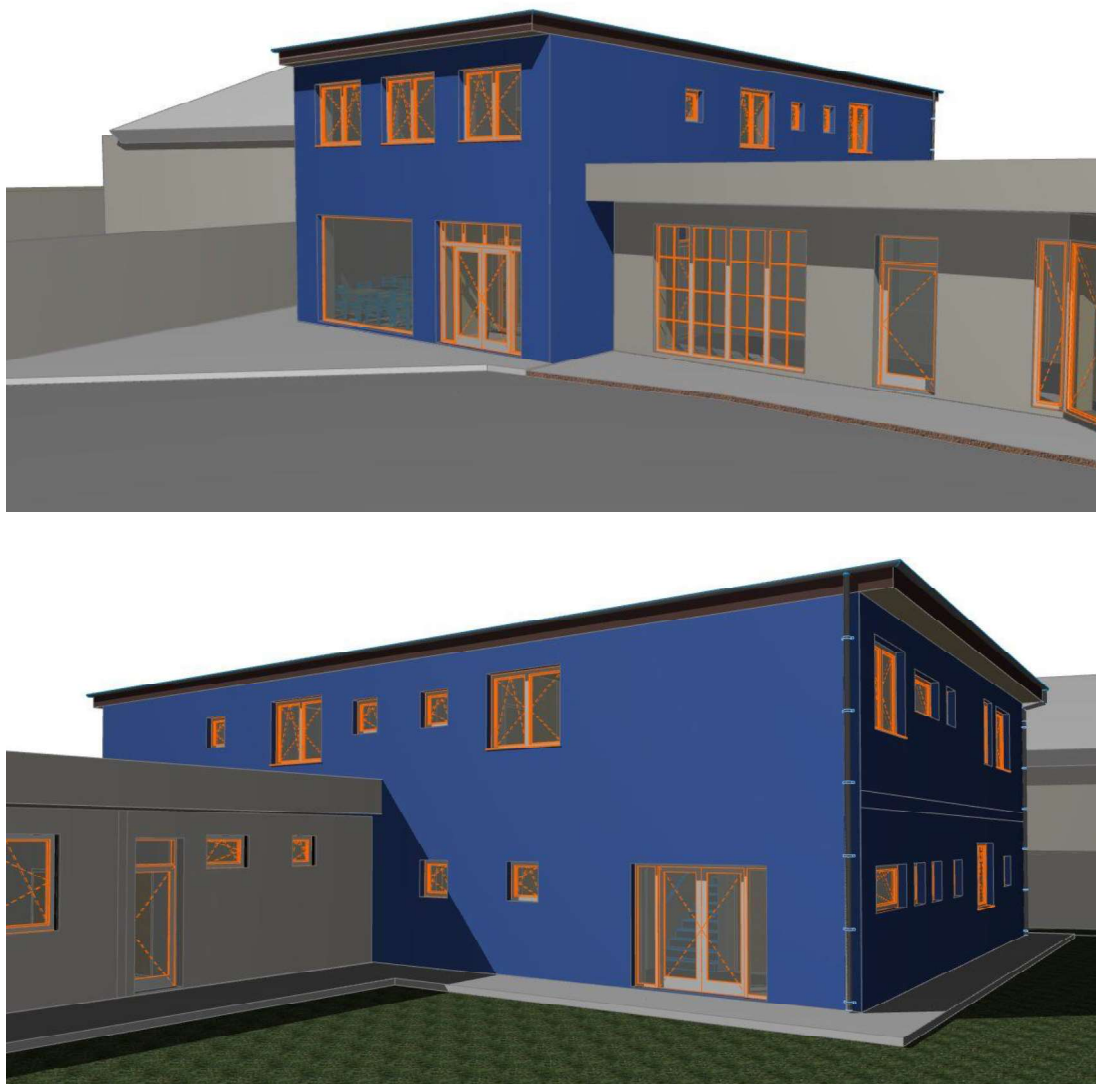
VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. ALEŠ RUBINA, Ph.D.

BRNO 2017

1 ÚVOD K ZADANÉ PROBLEMATICE

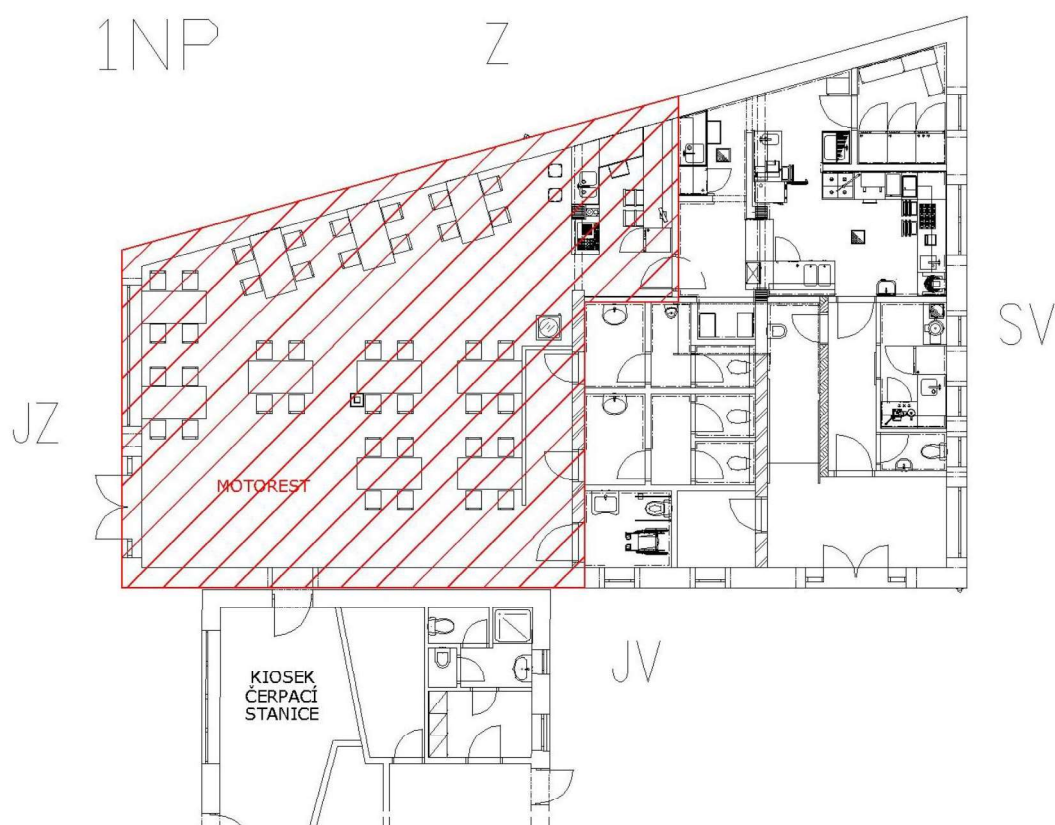
Cílem diplomové práce bylo provést výpočty dynamického chování vnitřního prostoru pomocí dostupného softwaru Teruna v1.5b a na zjištěná data navrhnout VZT systémy pro odvedení tepelné zátěže. VZT systémy budou následně zhodnoceny z hlediska energetické náročnosti a tepelného komfortu vnitřního prostoru. Zadaná problematika je řešena na objektu motorestu v Rakvicích, kde z důvodu velkých vnějších a vnitřních tepelných zisků je nutné zřídit VZT systém pro odvod tepelné zátěže.



Obr. 22 Vizualizace řešeného objektu, motorest Rakvice

2 ANALÝZA OBJEKTU

Dotčené prostory se nachází v nově budovaném objektu motorestu v Rakvicích. Jedná se o dvoupodlažní stavbu motorestu s ubytovnou. V 1.NP se nachází kuchyně se zázemím a prostor restaurace se zázemím. Ve 2.NP jsou umístěny ubytovací jednotky. Novostavba objektu sousedí se stávajícím kioskem čerpací stanice pohonných hmot na jihovýchodní straně objektu. V rámci diplomové práce se zabývám pouze prostory restaurace v 1.NP. VZT systém obsluhuje mimo restaurace i místnosti zázemí restaurace. S těmito prostory není ve výpočtu uvažováno z důvodu zanedbatelného vlivu na energetické hodnocení objektu.



Obr. 23 Půdorys motorestu s vyznačenou řešenou oblastí a orientací

Obvodová stěna s největším podílem zasklení je orientována na jihozápad viz Obr. 23.

2.1 Skladby konstrukce

Stručný přehled skladeb konstrukce, detailní výpočet z programu Teplo a komplexní posouzení skladeb konstrukce dle podle kritérií ČSN 730540-2 (2011) viz příloha č. 1.

Stěna vnější

Materiál	Tloušťka [mm]	Součinitel protupu tepla U W/m ² K
Omítka vápenocementová	10	
HELUZ FAMILY 50 broušená	500	
Tepelně izolační omítka	35	0,191

Podlaha

Materiál	Tloušťka [mm]	Součinitel protupu tepla U W/m ² K
Dlažba keramická	15	
Anhydritová směs	40	
PE folie	1	
Isover EPS 100	140	
Asfaltový nátěr	4	
Železobeton	150	
Štěrkopísek	200	0,288

Strop

Materiál	Tloušťka [mm]	Součinitel protupu tepla U W/m ² K
Beton	60	
Stropní konstrukce Porotherm Miako	190	
Isover EPS Rigifloor 4000	40	
Isover EPS 100S	50	
PE folie	1	
Anhydritová směs	40	
Dlažba keramická	15	0,411

Stěna vnitřní 150

Materiál	Tloušťka [mm]	Součinitel protupu tepla U W/m ² K
Omítka vápenocementová	10	
HELUZ 14	140	
Omítka vápenocementová	10	0,584

Stěna vnitřní 300

Materiál	Tloušťka [mm]	Součinitel protupu tepla U W/m ² K
Omítka vápenocementová	10	
HELUZ FAMILY 30	300	
Omítka vápenocementová	10	0,321

2.2 Výpočet chování místnosti pro letní období

Pro výpočet vnější tepelné zátěže byl použit program Teruna v1.5b

VÝPOČET PRŮBĚHU VNITŘNÍ TEPLoty

ZADANÉ PRVKY DO VÝPOČTU:

Venkovní stěna

- Stěna vnější západ (37.68m², 0.545m, 0.1077W/mK, 1385kg/m³, 987kJ/kgK)

Venkovní stěna

- Stěna vnější jihozápad (4.845m², 0.545m, 0.1077W/mK, 1385kg/m³, 987kJ/kgK)
- 01 JZ (9.1m², 1.1W/m²K)
- 02 JZ (6.625m², 1.1W/m²K)

Venkovní stěna

- Stěna vnější jihovýchod (5.5m², 0.545m, 0.1077W/mK, 1385kg/m³, 987kJ/kgK)

Symetrická stěna

- Strop (94.23m², 0.395m, 0.177W/mK, 1057kg/m³, 946kJ/kgK)

Symetrická stěna

- Stěna vnitřní 300 (12.81m², 0.32m, 0.112W/mK, 1466kg/m³, 987kJ/kgK)
- 02 900 (1.77m², 2W/m²K)
- 02 700 (1.38m², 2W/m²K)
- 02 700 (1.38m², 2W/m²K)
- 02 800 (1.58m², 2W/m²K)

Symetrická stěna

- Stěna vnitřní 150 (18.24m², 0.16m, 0.11W/mK, 1501kg/m³, 974kJ/kgK)

Podlaha

- Podlaha (94.23m², 0.549m, 0.166W/mK, 1635kg/m³, 1065kJ/kgK)

Další akumul. Hmota

- nábytek (20m², 200kg, 800kJ/kgK)

Symetrická stěna

- Stěna vnější k čerpací stanici (21.27m², 0.545m, 0.1077W/mK, 1383kg/m³, 987kJ/kgK)
- 02 JV do čerpací stanice (2.55m², 2W/m²K)

VSTUPNÍ ÚDAJE:

Výpočet proveden pro období od 21.7. do 21.7.

Časový krok: 300s

Objem místnosti: 232m³

Ve výpočtu bylo zavedeno:

Simulace oblačnosti: NE

Referenční rok: NE

Uvažován vliv sluneční radiace: ANO

Načtená klimatická data: NE

Osvětlení: NE

Větrání[1]: 0 - 24h, 100m³/h

Ostatní tepelné zdroje: NE

Odpar vody: NE

Biologická produkce: NE

Sálavé plochy: NE

VÝSLEDKY:

Maxima teploty interiéru:

21.7. 17.33 h: MaxT_{vzd} = 30.58 °C

2.3 Posouzení na nejvyšší denní teploty v místnosti

Dle výsledného průběhu teplot v místnosti během dne z programu Teruna v1.5b viz Obr. 24 je zřejmé, že navržená konstrukce dle ČSN 730540-2 nevyhoví na požadovanou nejvyšší teplotu místnosti v létě $\Theta_{ai,max} \leq 27\text{ °C}$.

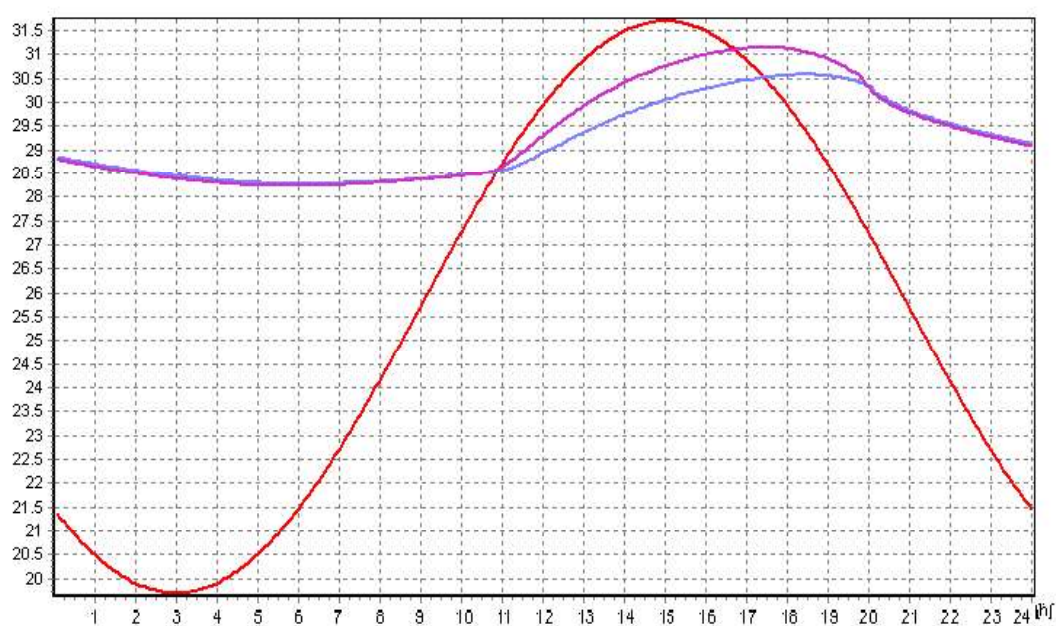
$$\Theta_{ai} = 30,58\text{ °C} \geq \Theta_{ai,max} = 27\text{ °C} \quad \Rightarrow \text{konstrukce nevyhovuje}$$

Stavebním řešením této konstrukce nelze docílit požadavku na maximální teplotu vzduchu v místnosti, proto je nutné navrhnout strojní chlazení.

Při výpočtu nejvyšší denní teploty hraje významnou roli stínící součinitel okenního otvoru. Pro posouzení nejvyšší denní teploty byl použit stínící součinitel 0,135 pro vnější žaluzii a dvojsklem.

Pro budovy s klimatizací musí při výpadku klimatizace splnit buď podmínku nejvyššího denního vzestupu teploty vzduchu v kritické místnosti v letním období $\Delta \Theta_{ai,max} \leq 12 \text{ }^{\circ}\text{C}$ nebo podmínku nejvyšší denní teploty vzduchu v kritické místnosti v letním období $\Theta_{ai,max} \leq 32 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

$$\Theta_{ai} = 30,58 \text{ }^{\circ}\text{C} \leq \Theta_{ai,max} = 32 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad \Rightarrow \text{konstrukce vyhovuje}$$



Obr. 24 Průběh výsledné teploty a teploty vnitřního vzduchu během dne 21.7.

- Průběh venkovní teploty [°C]
- Výsledná teplota interiéru [°C]
- Teplota vnitřního vzduchu [°C]

Tabulka 9 – Požadované hodnoty nejvyšší denní teploty vzduchu v místnosti v letním období

 $\theta_{ai,max,N}$

Druh budovy	Nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti v letním období $\theta_{ai,max,N}$ [°C]
Nevýrobní	27,0
Ostatní s vnitřním zdrojem tepla - do 25 W/m ³ včetně	29,5
- nad 25 W/m ³	31,5

POZNÁMKY

- Kritickou místností ve smyslu 8.2.1 je místnost s největší plochou přímo osluněných výplní otvorů orientovaných na Z, JZ, J, JV, V. Často je to místnost s největšími průsvitnými výplněmi otvorů na osluněné straně budovy. Pro posuzování objektu v zimním a letním období tedy mohou být kritické místnosti (prostory) odlišné.
- Splnění podmínky vztahu (20) se obvykle ověřuje výpočtovým postupem podle ČSN 730540-4.
- Splnění podmínky vztahu (21) se obvykle ověřuje výpočtovými postupy podle ČSN EN ISO 13791 a ČSN EN ISO 13792 při použití okrajových podmínek podle ČSN 730540-3.
- Další požadavky na teplotní režim místností v letním období mohou být stanoveny ve zvláštních předpisech⁵ v závislosti na charakteru provozu budovy, technologických požadavcích, tělesné aktivitě osob apod.

8.2.2 Budovy s klimatizací se doporučuje navrhovat a provádět pouze ve výjimečných případech, kdy prokazatelně nelze stavebním řešením docílit požadavky 8.2.1.

Budovy s klimatizací musí při výpadku klimatizace splnit buď podmínku nejvyššího denního vzestupu teploty vzduchu v kritické místnosti v letním období $\Delta\theta_{ai,max} \leq 12$ °C nebo podmínku nejvyšší denní teploty vzduchu v kritické místnosti v letním období $\theta_{ai,max} \leq 32$ °C. Tento požadavek nemusí být splněn ve výjimečném případě, kdy se prokáže podle zvláštního předpisu³, že splnění požadavku není technicky možné nebo ekonomicky vhodné s ohledem na životnost budovy a její provozní účely.

Parametry venkovního vzduchu stanovené z normy ČSN 12 7010 (dle změny z ledna 2016) pro návrh větracích a klimatizačních zařízení. [3]

Tabulka A.3.3 – Brno
(vztažná nadmořská výška 241 m.; průměrný tlak vzduchu 98,8 kPa)

Percentil (procento výskytu)	Teplé období roku			Chladné období roku	
	99,6 %	99 %	98 %	0,4 %	1 %
Teplota venkovního vzduchu (°C)	34,4	33,0	31,7	-17,9	-14,8
Entalpie venkovního vzduchu (kJ/kg s.v.)	69,0	66,1	63,4	–	–
Absolutní extrémy	Maximum			Minimum	
Teplota venkovního vzduchu (°C)	36,5			-24,1	
Entalpie venkovního vzduchu (kJ/kg s.v.)	77,6			-23,4	

2.4 Výsledné hodnoty průběhu teploty a tepelné zátěže prostoru

Pro výpočet průběhu teploty vnitřního prostoru a tepelné zátěže byl použit program Teruna v1.5b, výsledky viz „Aplikace tématu na zadané budově“.

Výpočtové hodnoty klimatických poměrů:

místo	: Rakvice
nadmořská výška	: 164 m n m
normální tlak vzduchu	: 98,5 kPa
výpočtová teplota vzduchu	: léto + 31,7 °C, entalpie 64,3 kJ/kg s.v.

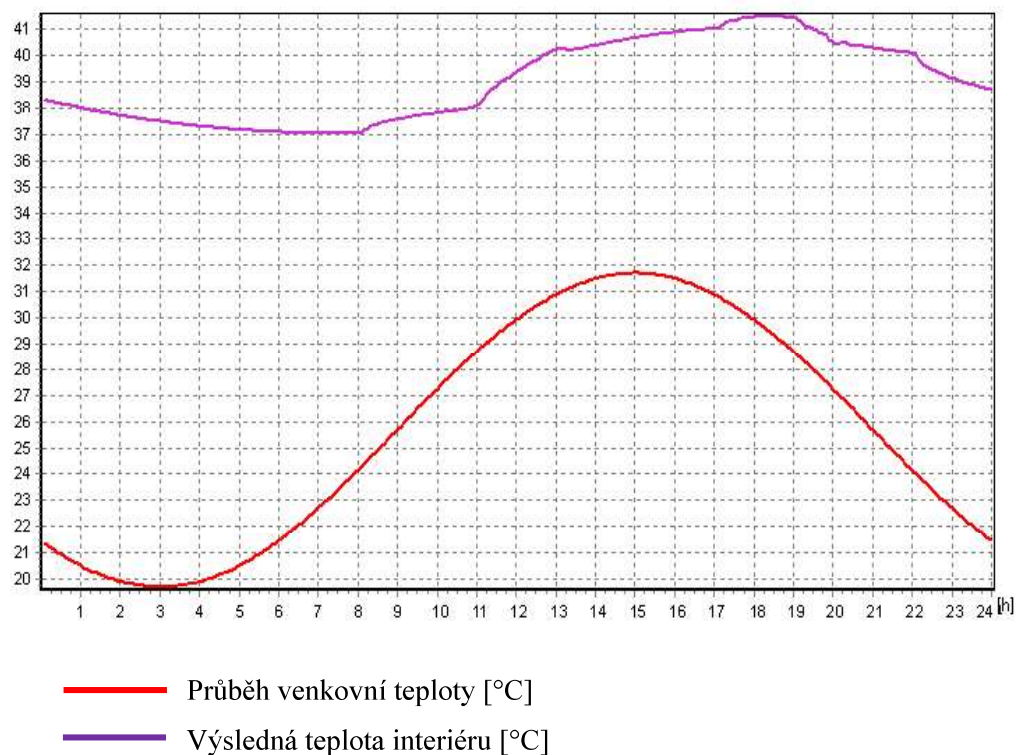
Parametry venkovního vzduchu byly stanoveny z normy ČSN 12 7010 (dle změny z ledna 2016) pro návrh větracích a klimatizačních zařízení.

Dalšími zdroji tepla uvažovanými pro výpočet průběhu zátěží a výsledných teplot jsou osoby, produkce tepla od jídel a svítidla.

Obsazenost lidmi je uvažována podle počtu míst v restauraci v provozní době od 8:00 do 22:00 hod. V době obědů a večerí od 11:00 do 13:00 a od 17:00 do 19:00 hodin je uvažována plná obsazenost restaurace. V ostatních časech (mimo oběda a večere) je stav obsazenosti restaurace ponížen na polovinu.

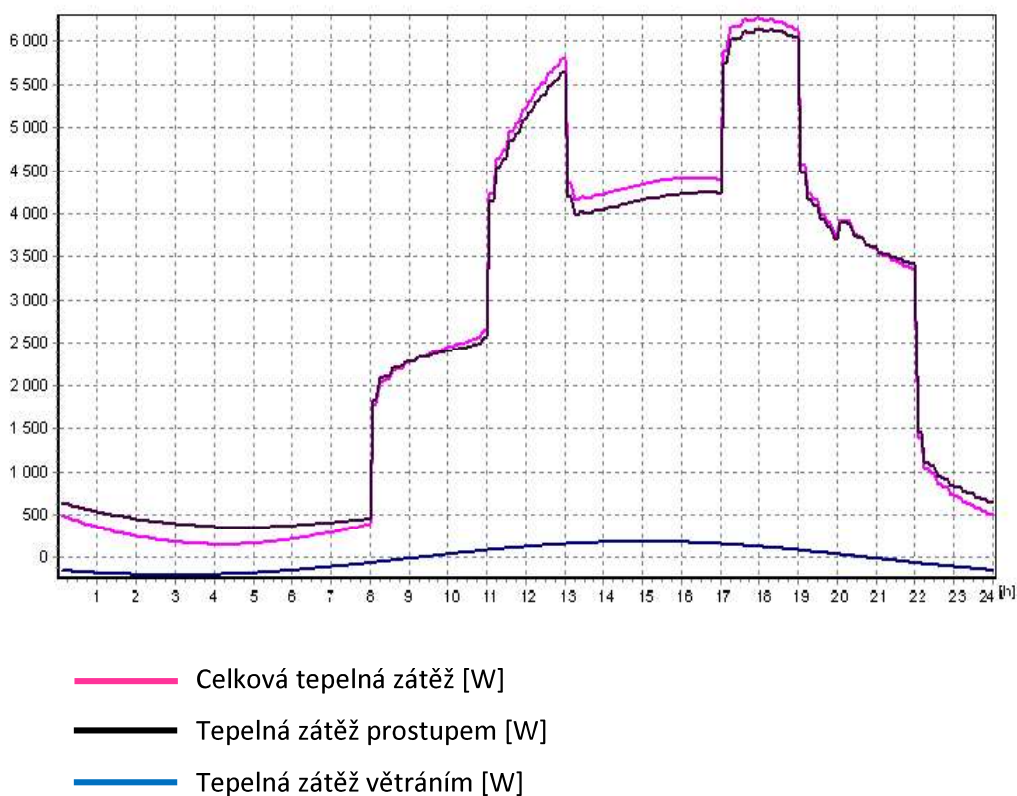
Produkce tepla od jídel je uvažována na 2 jídla na osobu za hodinu. Produkce tepla jednoho jídla je 5 Wh.

Se svícením je uvažováno v nočních hodinách v době od 20:00 do 22:00 hodin.



Obr. 25 Průběh teploty v místnosti vlivem vnějších a vnitřních tepelných zisků

Z obrázku č. 25 je viditelné, že výsledná teplota interiéru v průběhu dne může vystoupat až k 42 °C a tepelná zátěž k 6,2 kW bez nucené úpravy vzduchu.



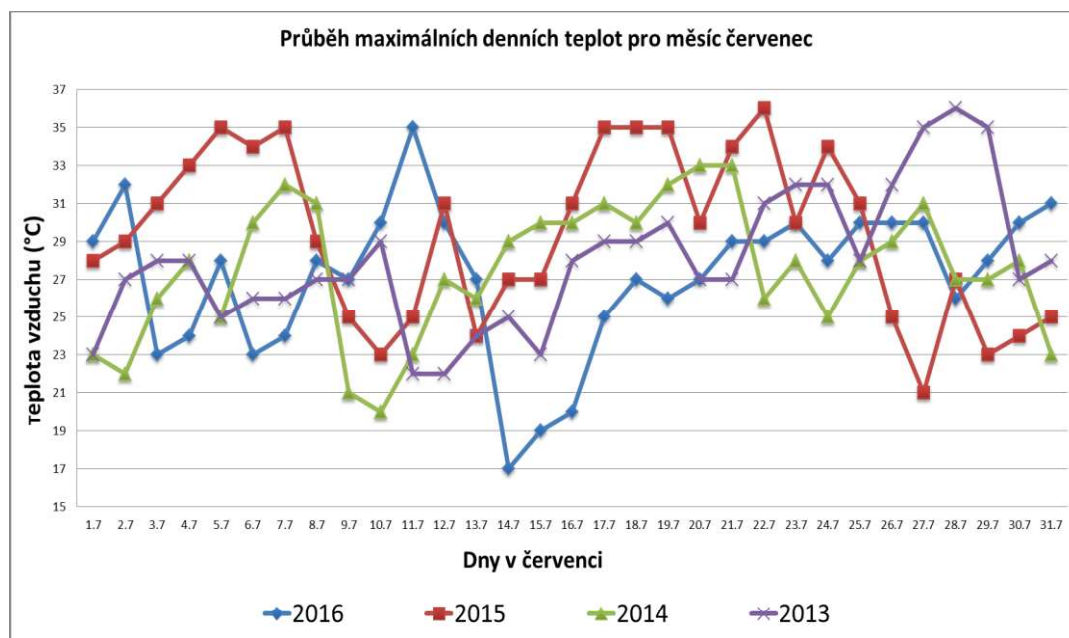
Obr. 26 Výsledná tepelná zátěž

3 ŘEŠENÍ NAVRŽENÝCH VARIANT

Jako VZT systémy pro odvod tepelné zátěže byly navrženy tři různé varianty chlazení. Výpočet a simulace tepelného chování místnosti navržených variant VZT systémů byly provedeny pomocí programu Teruna v1.5b. Pro parametry vnějšího prostředí byla použita klimatická data z měsíce července z posledních 4 let.

3.1 Klimatická data

Pro výpočtové hodnoty klimatických poměrů byla použita data z klimatické stanice, která měří klimatické podmínky v Brně a okolí. Výpočet byl proveden z maximálních a minimálních venkovních teplot vzduchu v jednotlivých dnech pro měsíc červenec. Kvůli různým teplotám v letním období během let byly venkovní teploty zahrnuty z posledních čtyř let 2013-2016. Pro zjednodušení výpočtu bylo uvažováno pouze s jedním měsícem. Měsíc červenec byl vybrán z důvodu vysokých denních teplot v kombinaci s velkou intenzitou slunečního záření. V důsledku tohoto řešení nelze přesně určit roční úsporu energie, ale pouze porovnat energetickou náročnost jednotlivých variant.



Obr. 27 Graf maximálních teplot vzduchu v letním období

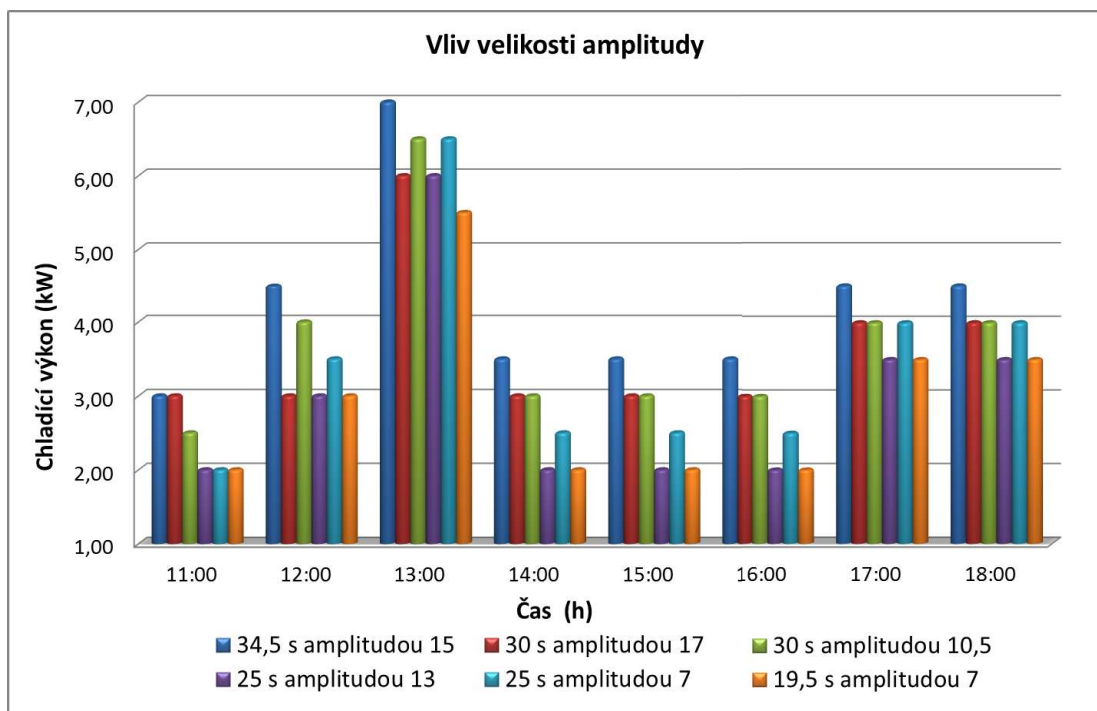
Všechny teploty byly pro zjednodušení výpočtu rozděleny podle průměrné denní teploty a velikosti amplitudy stanovené z minimálních a maximálních teplot v jednotlivých dnech. Počtem dnů bylo stanoveno zastoupení jednotlivých zprůměrovaných teplot v daném měsíci za všechny 4 roky.

Rozmezí teplot	Průměrná teplota	Amplituda	Počet dnů
33 - 36	34,5	15	9
28 - 32	30	17	10
28 - 32	30	10,5	36
23 - 27	25	13	35
23 - 27	25	7	18
17 - 22	19,5	7	16



Obr. 28 Graf četnosti zprůměrovaných venkovních teplot v měsíci červenci za poslední 4 roky

Důvodem stejných teplot s různou amplitudou pro výpočet, je vliv velikosti amplitudy na potřebě chladicího výkonu. Jiný potřebný chladicí výkon je při teplotě 30 °C s amplitudou 10,5 a jiný pro teplotu 30°C s amplitudou 17. Příkladem jsou chladicí výkony pro teplotu 25 °C s amplitudou 13 a teplotu 19,5 °C s amplitudou 7. I při rozdílu průměrných teplot 5,5 °C je potřeba chladicího výkonu stejná viz Obr. 28.



Obr. 29 Graf vlivu velikosti amplitudy teploty na chladícím výkonu

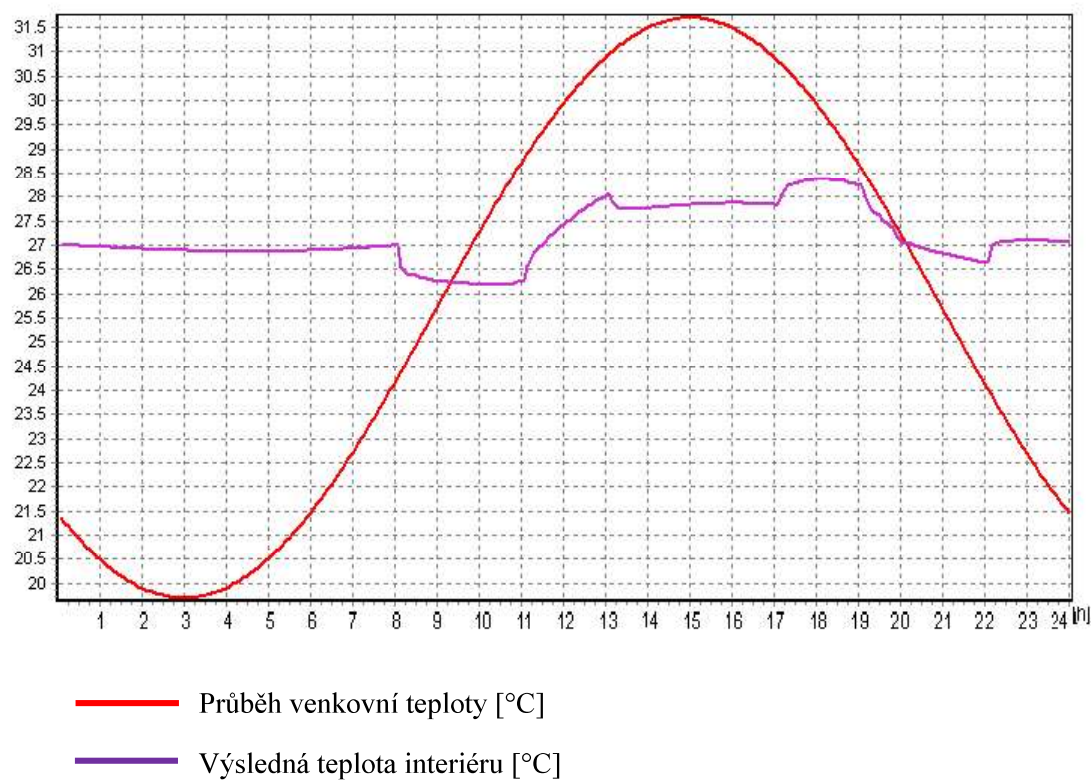
3.2 Varianta 1

3.2.1 Popis systému

Objekt je obsluhován samostatně pomocí dvou zařízení. První zařízení tvoří centrální vzduchotechnická jednotka, která zajišťuje teplovzdušné větrání a klimatizaci. Jednotka je ve venkovním provedení, která zajistí dvoustupňovou filtraci čerstvého vzduchu, rekuperaci pomocí deskového výměníku tepla, ohřev a chlazení čerstvého přiváděného vzduchu ve VZT zařízení zajistí integrovaný kompresorový okruh umístěný ve VZT jednotce.

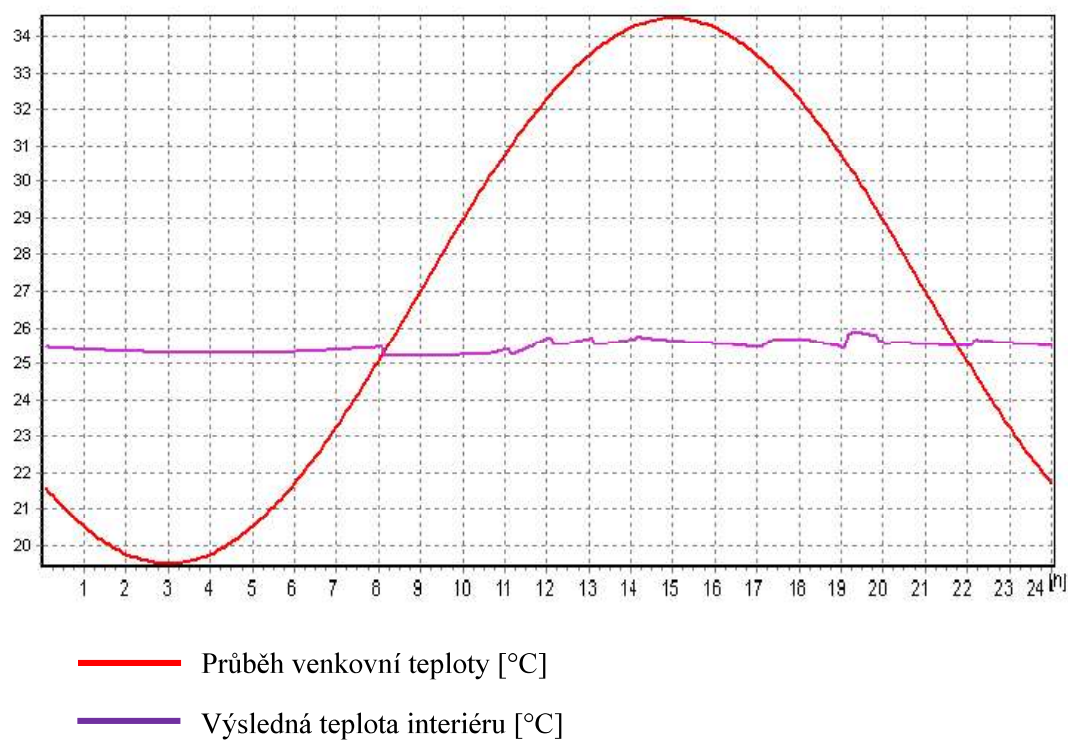
Kompresorový okruh zajišťuje teplotu přiváděného vzduchu 22 °C. Objemový průtok vzduchu 2900m³/h. Pro dochlazení prostoru slouží VZT systém přímého chlazení typu Multi-split. Doba provozu centrální jednotky je od 8:00 do 22:00 hod.

3.2.2 Tepelné chování místnosti pro variantu 1



Obr. 30 Průběh teploty s větráním přírodního vzduchu 22 °C bez dochlazení

Z průběhu teplot v obrázku č. 30, kde teplota vzduchu v interiéru dosahuje 28,5 °C je viditelná potřeba dochlazení pomocí systému Multi-splitu. Chlazení je pouze centrální VZT jednotkou s teplotou přiváděného vzduchu 22°C a objemovým průtokem vzduchu 2900m³/h.



Obr. 31 Výsledná teplota s dochlazením pomocí Multi-splitu

Stabilní teplotu v místnosti zajišťuje multisplitová jednotka plynulou regulací pomocí invertorového kompresoru viz Obr. 31.

Stabilní teploty bylo docíleno postupným navyšováním chladícího výkonu v jednotlivých hodinách s ohledem na průběh denní tepelné zátěže.

Při výpočtu bylo uvažováno s maximální povolenou denní teplotou v místnosti 26 °C.

3.2.3 Výpočet spotřeby elektrické energie

Multisplit

Chladicí výkon [kW]

Teplota	Průměrná teplota	Amplituda	Čas [h]								Chladicí výkon za den [kW]	Počet dní	Celkový chladicí výkon [kW]
			11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19			
33-36	34,5	15	3,00	4,50	7,00	3,50	3,50	3,50	4,50	4,50	34,00	16	544
28-32	30	17	3,00	3,00	6,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	29,00	18	522
28-32	30	10,5	2,50	4,00	6,50	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	30,00	35	1050
23-27	25	13	2,00	3,00	6,00	2,00	2,00	2,00	3,50	3,50	24,00	36	864
23-27	25	7	2,00	3,50	6,50	2,50	2,50	2,50	4,00	4,00	27,50	10	275
17-22	19,5	7	2,00	3,00	5,50	2,00	2,00	2,00	3,50	3,50	23,50	9	211,5
Celkem za 4 roky													3466,5
Celkem za měsíc červenec													866,63

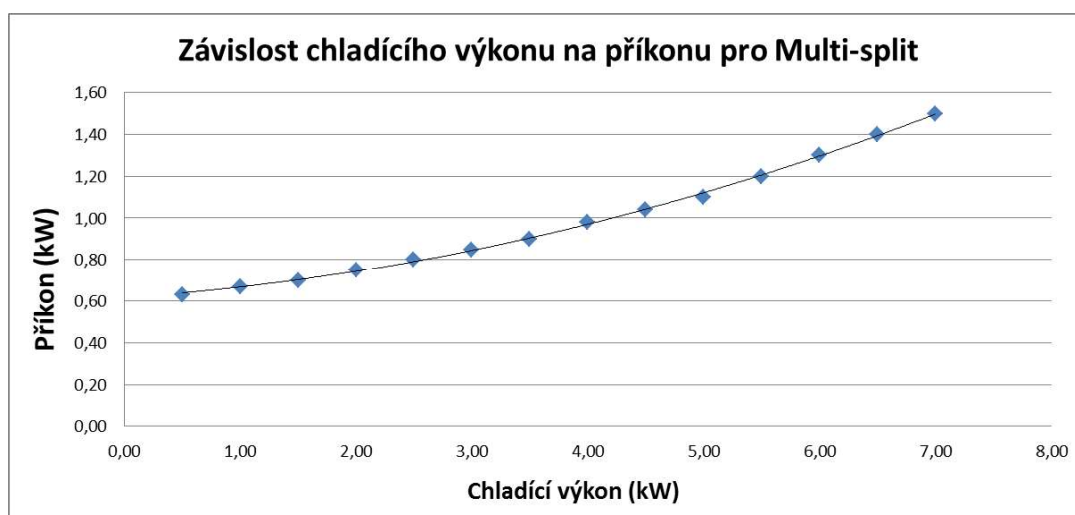
Příkon [kW]

Teplota	Průměrná teplota	Amplituda	Čas [h]								Celkový příkon za den [kW]	Počet dní	Spotřeba elektrické energie [kWh]
			11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19			
33-36	34,5	15	0,85	1,04	1,50	0,90	0,90	0,90	1,04	1,04	8,17	16	130,72
28-32	30	17	0,85	0,85	1,30	0,85	0,85	0,85	0,98	0,98	7,51	18	135,18
28-32	30	10,5	0,80	0,98	1,40	0,85	0,85	0,85	0,98	0,98	7,69	35	269,15
23-27	25	13	0,75	0,85	1,30	0,75	0,75	0,75	0,90	0,90	6,95	36	250,2
23-27	25	7	0,75	0,90	1,40	0,80	0,80	0,80	0,98	0,98	7,41	10	74,1
17-22	19,5	7	0,75	0,80	1,30	0,75	0,75	0,75	0,90	0,90	6,9	9	62,1
Celkem za 4 roky													921,45
Celkem za měsíc červenec													230,36

Chladicí faktor EER

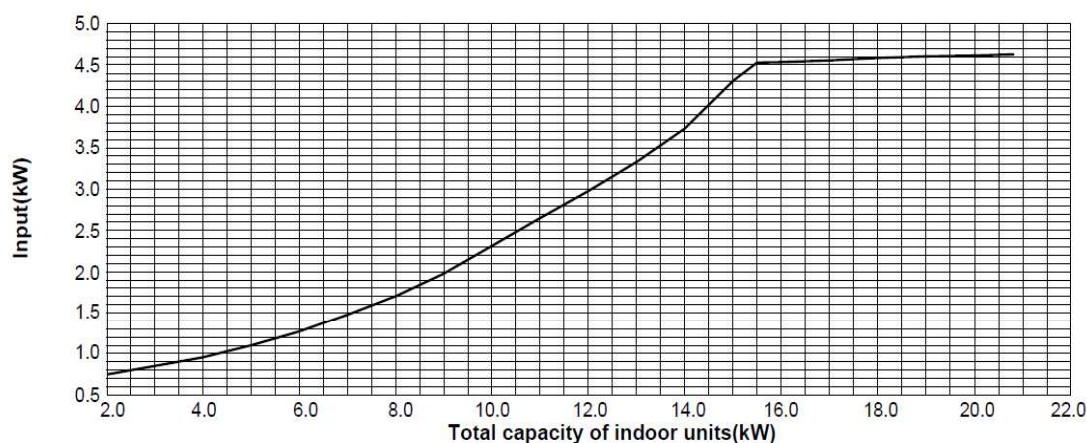
Teplota	Průměrná teplota	Amplituda	Čas [h]							
			11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
33-36	34,5	15	3,53	4,33	4,67	3,89	3,89	3,89	4,33	4,33
28-32	30	17	3,53	3,53	4,62	3,53	3,53	3,53	4,08	4,08
28-32	30	10,5	3,13	4,08	4,64	3,53	3,53	3,53	4,08	4,08
23-27	25	13	2,67	3,53	4,62	2,67	2,67	2,67	3,89	3,89
23-27	25	7	2,67	3,89	4,64	3,13	3,13	3,13	4,08	4,08
17-22	19,5	7	2,67	3,75	4,23	2,67	2,67	2,67	3,89	3,89

Chladicí výkony multisplitové jednotky pro dané teploty v průběhu dne byly pro jednotlivé hodiny stanoveny v programu Teruna v1.5b dle potřeby na pokrytí tepelné zátěže. K jednotlivým výkonům byly dle podkladů výrobce odečteny příslušné příkony, viz Obr. 32 „Graf závislosti chladicího výkonu a příkonu“. Výsledná spotřeba elektrické energie pro dochlazení prostoru multisplitovou kondenzační jednotkou je 230 kWh za měsíc.



Obr. 32 Graf závislosti chladicího výkonu a příkonu

PUMY-P140YKM1 (cooling)

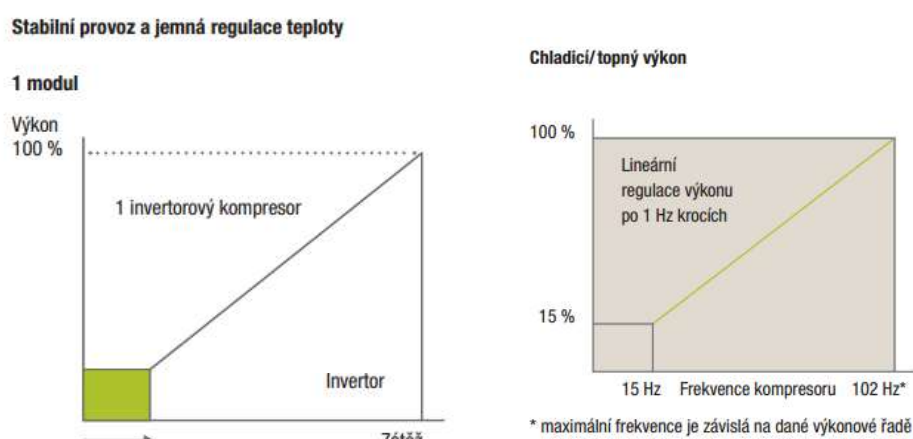


Obr. 33 Průběh chladicího výkonu a příkonu multisplitové kondenzační jednotky, podklad

3.2.4 Regulace výkonu kompresoru - Invertor

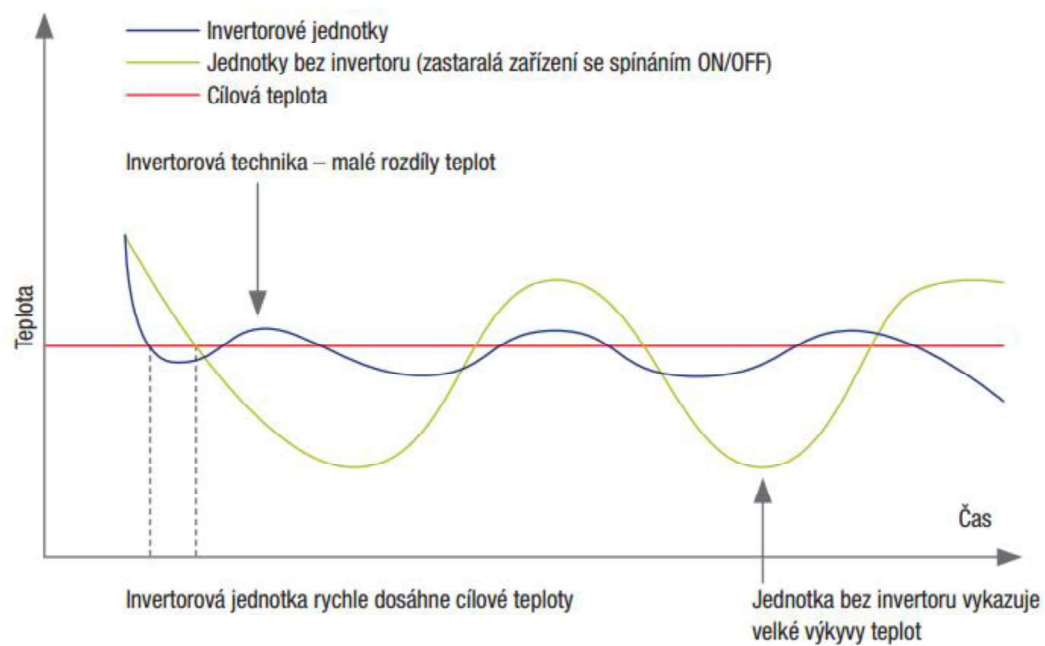
„Invertor je elektrická regulace výkonu kompresoru - měnič napětí, proudu, kmitočtu. Zařízení vybavené invertorovým řízením mění plynule objemový výkon kompresoru v závislosti na venkovní teplotě a nastavené vnitřní teplotě.“ [19]

Venkovní multisplitová jednotka se skládá z modulu s invertorovým kompresorem, díky kterému zajišťuje dobré stabilní mikroklima v místnostech.



Obr. 34 Stabilní provoz pomocí invertorového kompresoru [20]

Invertorová technologie se stará o energeticky úsporný provoz. Kompresor mění své otáčky v závislosti na dané potřebě vnitřní jednotky a dodává pouze tolik výkonu, kolik je v prostoru potřeba. Když pracuje invertorový kompresor při částečném zatížení, je jeho energetická účinnost podstatně vyšší než účinnost neinvertorového kompresoru. Neinvertorové systémy mohou dodávat pouze 100 % výkonu, přičemž 100 % výkon je potřeba pouze pár hodin v roce. Největší část provozní doby klimatizačního systému tvoří částečný provoz. [20]



Invertorová technologie zajišťuje konstantní teplotu interiéru při minimální energetické spotřebě

Obr. 35 Invertorová technologie kompresoru [20]

Kompresorová jednotka

Čas	Přívodní teplota	Teplota venkovního vzduchu						Rozdíl entalpií					Chladicí výkon					Chladicí faktor EER					Příkon				
h	°C	°C						kJ/kg					kW					kW					kW				
Průměrné teploty		34,5	30	30	25	25	19,5	34,5	30	30	25	25	34,5	30	30	25	25	34,5	30	30	25	25	34,5	30	30	25	25
Amplituda		15	17	10,5	13	7	7	15	17	10,5	13	7	15	17	10,5	13	7	15	17	10,5	13	7	15	17	10,5	13	7
1	22	20,5	14,1	20,2	12,9	18,5	13,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2	22	19,8	13,3	19,7	12,2	18,1	12,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3	22	19,5	13	19,5	12	18	12,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
4	22	19,8	13,3	19,7	12,2	18,1	12,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5	22	20,5	14,1	20,2	12,9	18,5	13,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
6	22	21,7	15,5	21,0	13,9	19,0	13,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7	22	23,3	17,3	22,1	15,3	19,8	14,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8	22	25,1	19,3	23,4	16,8	20,6	15,1	3,7	-	1,7	-	-	3,3	-	1,5	-	-	4,9	-	5,1	-	-	0,7	-	0,3	-	-
9	22	27,0	21,5	24,8	18,5	21,5	16,0	6,0	-	3,3	-	-	5,5	-	3,0	-	-	4,6	-	4,9	-	-	1,2	-	0,6	-	-
10	22	28,9	23,7	26,1	20,2	22,4	16,9	8,3	2,0	4,9	-	0,5	7,6	1,9	4,5	-	0,4	4,3	5,1	4,7	-	5,2	1,8	0,4	0,9	-	0,1
11	22	30,8	25,8	27,4	21,8	23,3	17,8	10,5	4,5	6,5	-	1,5	9,5	4,1	5,9	-	1,4	3,9	4,8	4,6	-	5,1	2,4	0,9	1,3	-	0,3
12	22	32,3	27,5	28,5	23,1	24,0	18,5	12,4	6,6	7,8	1,3	2,4	11,2	6,0	7,0	1,2	2,2	3,6	4,5	4,4	5,1	5,0	3,2	1,3	1,6	0,2	0,4
13	22	33,5	28,9	29,3	24,1	24,5	19,0	13,8	8,2	8,8	2,6	3,0	12,5	7,5	8,0	2,3	2,8	3,3	4,3	4,2	5,0	5,0	3,8	1,7	1,9	0,5	0,6
14	22	34,2	29,7	29,8	24,8	24,9	19,4	14,7	9,3	9,4	3,3	3,5	13,4	8,4	8,5	3,0	3,1	3,1	4,1	4,1	4,9	4,9	4,4	2,0	2,1	0,6	0,6
15	22	34,5	30	30	25	25	19,5	15,0	9,6	9,6	3,6	3,6	13,6	8,7	8,7	3,3	3,3	3,0	4,1	4,1	4,9	4,9	4,5	2,1	2,1	0,7	0,7
16	22	34,2	29,7	29,8	24,8	24,9	19,4	14,7	9,3	9,4	3,3	3,5	13,4	8,4	8,5	3,0	3,1	3,1	4,1	4,1	4,9	4,9	4,4	2,0	2,1	0,6	0,6
17	22	33,5	28,9	29,3	24,1	24,5	19,0	13,8	8,2	8,8	2,6	3,0	12,5	7,5	8,0	2,3	2,8	3,3	4,3	4,2	5,0	5,0	3,8	1,7	1,9	0,5	0,6
18	22	32,3	27,5	28,5	23,1	24,0	18,5	12,4	6,6	7,8	1,3	2,4	11,2	6,0	7,0	1,2	2,2	3,6	4,5	4,4	5,1	5,0	3,2	1,3	1,6	0,2	0,4
19	22	30,8	25,8	27,4	21,8	23,3	17,8	10,5	4,5	6,5	-	1,5	9,5	4,1	5,9	-	1,4	3,9	4,8	4,6	-	5,1	2,4	0,9	1,3	-	0,3
20	22	28,9	23,7	26,1	20,2	22,4	16,9	8,3	2,0	4,9	-	0,5	7,6	1,9	4,5	-	0,4	4,3	5,1	4,7	-	5,2	1,8	0,4	0,9	-	0,1
21	22	27,0	21,5	24,8	18,5	21,5	16,0	6,0	-	3,3	-	-	5,5	-	3,0	-	-	4,6	-	4,9	-	-	1,2	-	0,6	-	-
22	22	25,1	19,3	23,4	16,8	20,6	15,1	3,7	-	1,7	-	-	3,3	-	1,5	-	-	4,9	-	5,1	-	-	0,7	-	0,3	-	-
23	22	23,3	17,3	22,1	15,3	19,8	14,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
24	22	21,7	15,5	21,0	13,9	19,0	13,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Chladicí výkon za den													139,7	64,4	85,5	16,4	23,0	Součet za den					39,4	14,8	19,6	3,3	4,6
													Počet dní										16	18	35	36	10
													Spotřeba elektrické energie za 4 roky [kWh]										630,3	266,5	685,8	118,4	46,2
													Celkem za měsíc										436,8 kWh				
													Kompresorová jednotka a Multi-split celkem za měsíc červenec										667,1 kWh				

Chladicí výkon zařízení byl stanoven pomocí hodnot entalpií na sání a výtlačku jednotky při známém průtoku vzduchu ze vztahu:

$$Q_{ch} = m \cdot c \cdot \Delta h = V \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta h \quad (1.3)$$

kde je:

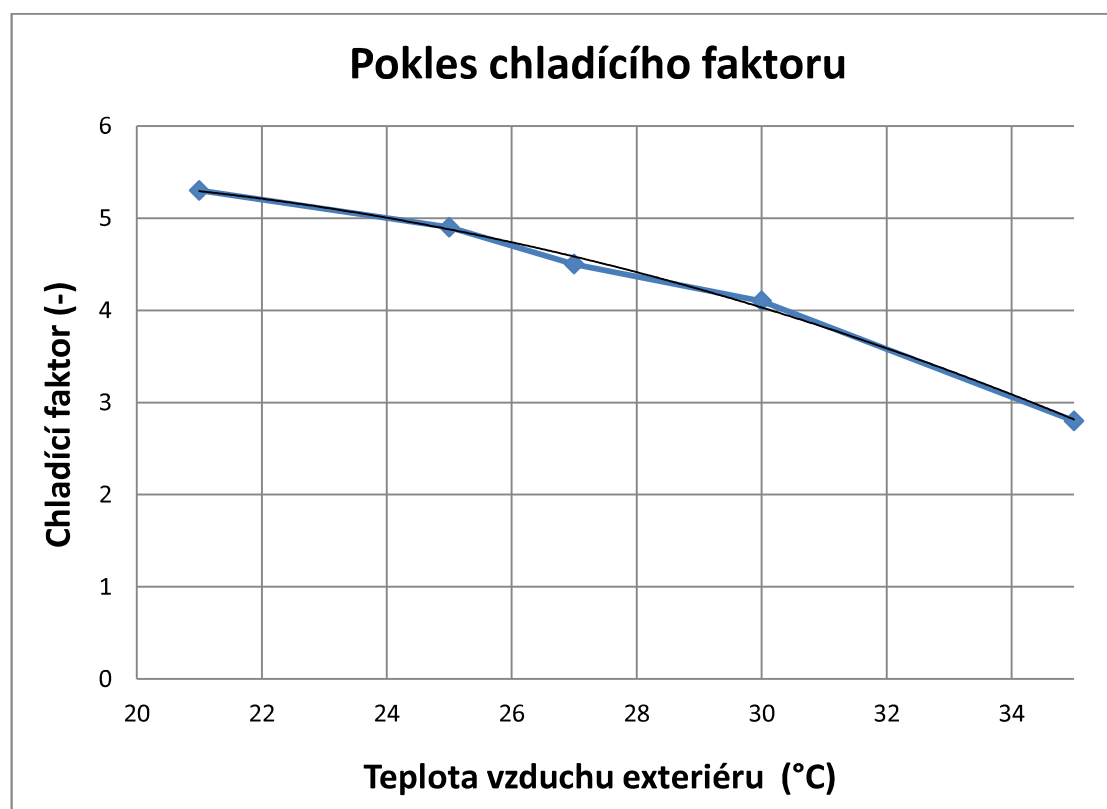
V ... objemový průtok vzduchu

ρ ... hustota vzduchu

C ... měrná tepelná kapacita vzduchu

Δh ... rozdíl entalpií vzduchu na sání a výtlačku jednotky

Chladicí faktor EER byl stanoven ze závislosti na teplotě vzduchu exteriéru a následně podle něj dopočítán příkon kompresorové jednotky ze vztahu (1.4).



Obr. 36 Průběh chladicího faktoru v závislosti na venkovní teplotě při konstantní teplotě interiéru

Na obrázku č. 36 je vidět závislost chladicího faktoru EER na teplotách venkovního vzduchu (ovlivňující teplotu kondenzace), který se užívá k hodnocení hospodárnosti chladících zařízení a efektivnosti využití dodané energie.

Chladicí faktor je závislý na rozdílu teplot, při kterém je teplo odnímáno a také na teplotě, při které je teplo předáváno. To znamená, že chladicí faktor při konstantní vypařovací teplotě s klesající teplotou kondenzace stoupá. Pro energetické zhodnocení chladicího cyklu potom platí: [21]

$$\varepsilon = \frac{Q_v}{P} = \frac{\text{chladicí výkon}}{\text{příkon kompresoru}} \quad (1.4)$$

„Úspora energie neroste úměrně s chladícím faktorem, narůstá relativně pomalu, s růstem chladicího faktoru se nárůst úspory zpomaluje (závislost není lineární, ale hyperbolická).“ [22]

Měsíční spotřeba kompresorové chladicí jednotky pro měsíc červenec činí 437 kWh. Výsledná spotřeba elektrické energie první varianty je pak dána součtem měsíční spotřeby multisplitové a kompresorové chladicí jednotky $E=667 \text{ kWh}$.

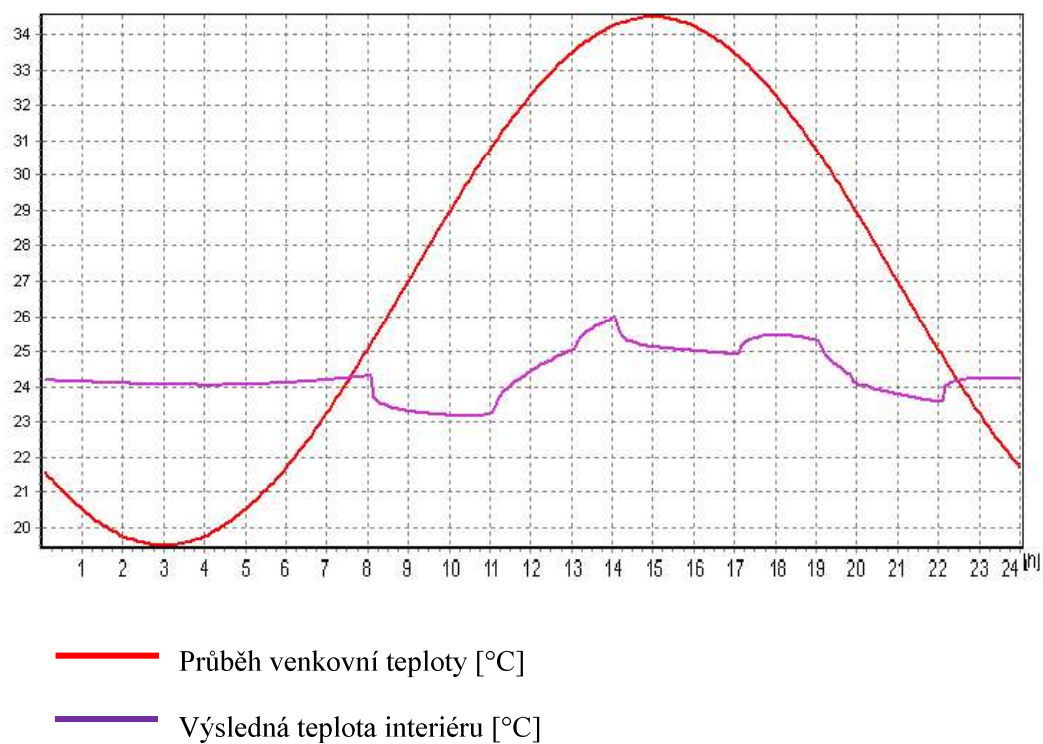
3.3 Varianta 2

3.3.1 Popis systému

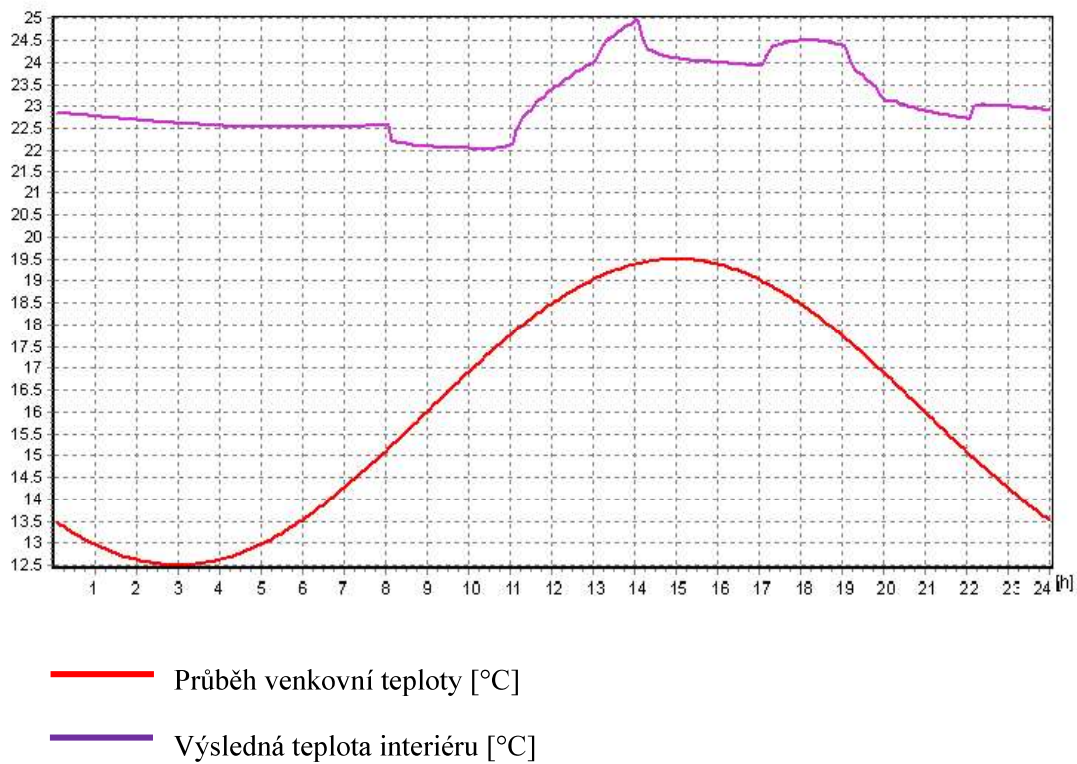
Pro obsluhovaný prostor je navržena sestavná centrální VZT jednotka ve venkovním provedení podobná jako v první variantě (Zařízení č. 1 – Teplovzdušné větrání motorestu a klimatizace). Jednotka obsahuje integrovaný kompresorový okruh s vyšším chladícím výkonem, než v první variantě (jeden chladicí okruh s osazeným výparníkem a kondenzátorem na proudu vzduchu).

Teplota přiváděného vzduchu jednotky je $18 \text{ }^{\circ}\text{C}$ s objemovým průtokem $2900 \text{ m}^3/\text{h}$ a dobou provozu jednotky od 8:00 do 22:00 hod.

3.3.2 Tepelné chování místnosti varianty 2



Obr. 37 Průběh teploty interiéru s přívodním vzduchem 18 °C a venkovním vzduchem 34,5 °C



Obr. 38 Průběh teploty interiéru s přívodním vzduchem 18 °C a venkovním vzduchem 19,5 °C

V obrázku č. 37 je znázorněn průběh teploty vzduchu v interiéru, při maximální teplotě venkovního vzduchu $34.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ s amplitudou 15. Teplota přiváděného vzduchu centrální jednotky je $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ a udržuje teplotu interiéru pod $26\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vlivem střídavé velikosti tepelné zátěže během dne je rozdíl teplot v interiéru $\Delta t=3\text{ }^{\circ}\text{C}$.

I přes teplotu venkovního vzduchu $19,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ s amplitudou 7 dosahuje teplota vzduchu interiéru $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ s rozdílem teplot $\Delta t=3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Viz Obr. 38

Kompresorová jednotka

[illegible]

Spotřeba elektrické energie za 4 roky [kWh]

Spotřeba elektrické energie v měsíci červenci je pro druhou variantu návrhu (VZT systému pro odvod tepelné zátěže) pouze centrální jednotkou 802 kWh. Ve srovnání s variantou první je druhá varianta o 135 kWh měsíčně energeticky náročnější.

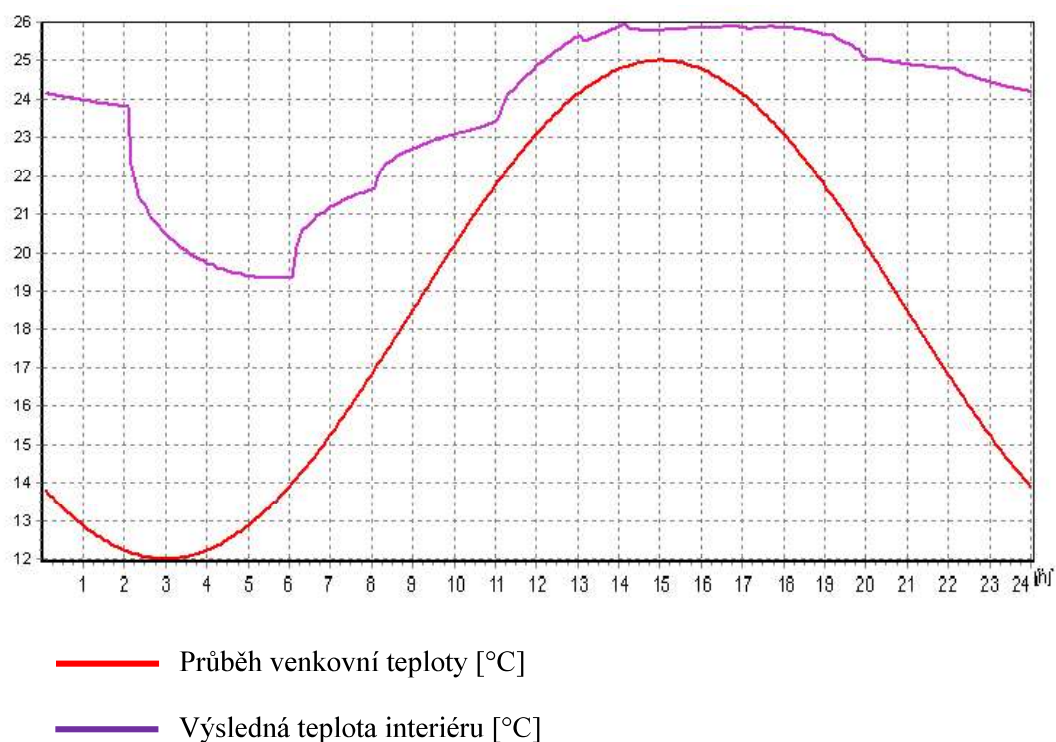
3.4 Varianta 3

3.4.1 Popis systému

VZT systém pro odvod tepelné zátěže je obdobný jako v první variantě. Pro obsluhovaný prostor je navržena sestavná centrální VZT jednotka (teplotovzdušné větrání a klimatizace) ve venkovním provedení a dochlazení pomocí VZT systému přímého chlazení typu Multi-split. Jednotka obsahuje integrovaný kompresorový okruh (jeden chladicí okruh s osazeným výparníkem a kondenzátorem na proudu vzduchu).

Teplota přiváděného vzduchu jednotky je 22 °C s dobou provozu jednotky od 8:00 do 22:00 hod. a objemovým průtokem vzduchu 2900m³/h. Navíc je navrženo noční větrání od 2:00 do 6:00 hod., kdy je využita akumulace chladu v prostoru, v době kdy je teplota venkovního vzduchu menší než teplota interiéru. Díky naakumulovanému chladu před počátkem tepelné zátěže je větší úspora na potřebu chlazení během dne.

3.4.2 Tepelné chování místnosti varianty 3



Obr. 39 Průběh teploty interiéru s nočním větráním

Díky naakumulovanému chladu v prostoru je potřeba chladícího výkonu multisplitové jednotky nižší. Nevýhodou je rozdíl teplot v průběhu dne. Na začátku doby provozu je teplota interiéru 21 °C, v průběhu dne je pak teplota vzduchu udržována multisplitovou jednotkou pod 26 °C. Rozdíl teplot je 5 °C.

3.4.3 Výpočet spotřeby elektrické energie

Multisplit

Chladicí výkon [kW]

Teplota	Průměrná teplota	Amplituda	Čas [h]								Chladicí výkon za den [kW]	Počet dní	Celkový chladicí výkon [kW]
			11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19			
33-36	34,5	15	1,00	3,00	5,50	2,00	2,00	2,00	3,50	3,50	22,50	16	360
28-32	30	17	0,00	0,50	3,00	0,50	0,50	0,50	2,50	2,50	10,00	18	180
28-32	30	10,5	1,00	2,00	5,00	2,00	2,00	2,00	3,50	3,50	21,00	35	735
23-27	25	13	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	2,00	2,00	6,00	36	216
23-27	25	7	0,00	1,50	4,50	1,00	1,00	1,00	3,00	3,00	15,00	10	150
17-22	19,5	7	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	1,50	1,50	5,00	9	45
Celkem za 4 roky													1686
Celkem za měsíc červenec													421,50

Příkon [kW]

Teplota	Průměrná teplota	Amplituda	Čas [h]								Celkový příkon za den [kW]	Počet dní	Spotřeba elektrické energie [kWh]
			11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19			
33-36	34,5	15	0,67	0,85	1,20	0,75	0,75	0,75	0,90	0,90	6,77	16	108,32
28-32	30	17	0,00	0,63	0,85	0,63	0,63	0,63	0,80	0,80	4,97	18	89,46
28-32	30	10,5	0,67	0,75	1,10	0,75	0,75	0,75	0,90	0,90	6,57	35	229,95
23-27	25	13	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,75	0,75	2,25	36	81
23-27	25	7	0,00	0,70	1,04	0,70	0,70	0,70	0,85	0,85	5,54	10	55,4
17-22	19,5	7	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,70	0,70	2,15	9	19,35
Celkem za 4 roky													583,48
Celkem za měsíc červenec													145,87

Chladicí faktor EER

Teplota	Průměrná teplota	Amplituda	Čas [h]							
			11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
33-36	34,5	15	1,49	3,53	4,58	2,67	2,67	2,67	3,89	3,89
28-32	30	17	0,00	0,79	3,53	0,79	0,79	0,79	3,13	3,13
28-32	30	10,5	1,49	2,67	4,55	2,67	2,67	2,67	3,89	3,89
23-27	25	13	0,00	0,00	2,67	0,00	0,00	0,00	2,67	2,67
23-27	25	7	0,00	2,14	4,33	1,43	1,43	1,43	3,53	3,53
17-22	19,5	7	0,00	0,00	2,67	0,00	0,00	0,00	2,14	2,14

Kompresorová jednotka

Čas	Přivodní teplota	Teplota venkovního vzduchu						Rozdíl entalpií					Chladicí výkon					Chladicí faktor EER					Příkon				
h	°C	°C						kJ/kg					kW					kW					kW				
Průměrné teploty		34,5	30	30	25	25	19,5	34,5	30	30	25	25	34,5	30	30	25	25	34,5	30	30	25	25	34,5	30	30	25	25
Amplituda		15	17	10,5	13	7	7	15	17	10,5	13	7	15	17	10,5	13	7	15	17	10,5	13	7	15	17	10,5	13	7
1	22	20,5	14,1	20,2	12,9	18,5	13,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2	22	19,8	13,3	19,7	12,2	18,1	12,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3	22	19,5	13	19,5	12	18	12,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
4	22	19,8	13,3	19,7	12,2	18,1	12,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5	22	20,5	14,1	20,2	12,9	18,5	13,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
6	22	21,7	15,5	21,0	13,9	19,0	13,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7	22	23,3	17,3	22,1	15,3	19,8	14,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8	22	25,1	19,3	23,4	16,8	20,6	15,1	3,7	-	1,7	-	-	3,3	-	1,5	-	-	4,9	-	5,1	-	-	0,7	-	0,3	-	-
9	22	27,0	21,5	24,8	18,5	21,5	16,0	6,0	-	3,3	-	-	5,5	-	3,0	-	-	4,6	-	4,9	-	-	1,2	-	0,6	-	-
10	22	28,9	23,7	26,1	20,2	22,4	16,9	8,3	2,0	4,9	-	0,5	7,6	1,9	4,5	-	0,4	4,3	5,1	4,7	-	5,2	1,8	0,4	0,9	-	0,1
11	22	30,8	25,8	27,4	21,8	23,3	17,8	10,5	4,5	6,5	-	1,5	9,5	4,1	5,9	-	1,4	3,9	4,8	4,6	-	5,1	2,4	0,9	1,3	-	0,3
12	22	32,3	27,5	28,5	23,1	24,0	18,5	12,4	6,6	7,8	1,3	2,4	11,2	6,0	7,0	1,2	2,2	3,6	4,5	4,4	5,1	5,0	3,2	1,3	1,6	0,2	0,4
13	22	33,5	28,9	29,3	24,1	24,5	19,0	13,8	8,2	8,8	2,6	3,0	12,5	7,5	8,0	2,3	2,8	3,3	4,3	4,2	5,0	5,0	3,8	1,7	1,9	0,5	0,6
14	22	34,2	29,7	29,8	24,8	24,9	19,4	14,7	9,3	9,4	3,3	3,5	13,4	8,4	8,5	3,0	3,1	3,1	4,1	4,1	4,9	4,9	4,4	2,0	2,1	0,6	0,6
15	22	34,5	30	30	25	25	19,5	15,0	9,6	9,6	3,6	3,6	13,6	8,7	8,7	3,3	3,3	3,0	4,1	4,1	4,9	4,9	4,5	2,1	2,1	0,7	0,7
16	22	34,2	29,7	29,8	24,8	24,9	19,4	14,7	9,3	9,4	3,3	3,5	13,4	8,4	8,5	3,0	3,1	3,1	4,1	4,1	4,9	4,9	4,4	2,0	2,1	0,6	0,6
17	22	33,5	28,9	29,3	24,1	24,5	19,0	13,8	8,2	8,8	2,6	3,0	12,5	7,5	8,0	2,3	2,8	3,3	4,3	4,2	5,0	5,0	3,8	1,7	1,9	0,5	0,6
18	22	32,3	27,5	28,5	23,1	24,0	18,5	12,4	6,6	7,8	1,3	2,4	11,2	6,0	7,0	1,2	2,2	3,6	4,5	4,4	5,1	5,0	3,2	1,3	1,6	0,2	0,4
19	22	30,8	25,8	27,4	21,8	23,3	17,8	10,5	4,5	6,5	-	1,5	9,5	4,1	5,9	-	1,4	3,9	4,8	4,6	-	5,1	2,4	0,9	1,3	-	0,3
20	22	28,9	23,7	26,1	20,2	22,4	16,9	8,3	2,0	4,9	-	0,5	7,6	1,9	4,5	-	0,4	4,3	5,1	4,7	-	5,2	1,8	0,4	0,9	-	0,1
21	22	27,0	21,5	24,8	18,5	21,5	16,0	6,0	-	3,3	-	-	5,5	-	3,0	-	-	4,6	-	4,9	-	-	1,2	-	0,6	-	-
22	22	25,1	19,3	23,4	16,8	20,6	15,1	3,7	-	1,7	-	-	3,3	-	1,5	-	-	4,9	-	5,1	-	-	0,7	-	0,3	-	-
23	22	23,3	17,3	22,1	15,3	19,8	14,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
24	22	21,7	15,5	21,0	13,9	19,0	13,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Chladicí výkon za den													139,7	64,4	85,5	16,4	23,0	Součet za den					39,4	14,8	19,6	3,3	4,6
													Počet dní										16	18	35	36	10
													Spotřeba elektrické energie za 4 roky [kWh]										630,3	266,5	685,8	118,4	46,2
													Celkem za měsíc										436,8 kWh				
													Kompresorová jednotka a Multi-split celkem za měsíc										582,6 kWh				
													Spotřeba el. energie ventilátoru										257,6 kWh/měsíc		8,3 kWh/den		
													Kompresorová jednotka a Multi-split celkem za měsíc										840,3 kWh				

Pro třetí variantu VZT systémů je spotřeba elektrické energie za měsíc červenec pro multisplitovou jednotku 146 kW a pro centrální VZT jednotku 695 kW z toho spotřeba elektrické energie na provoz ventilátorů je 258 kWh. Celkem třetí varianta spotřebuje elektrické energie 840 kWh.

Noční větrání

Principem nočního větrání je předchlazení akumulační hmoty budovy v nočních hodinách pro odvod tepelné zátěže v průběhu dne. Předpokladem použití nočního větrání je:

- nízká teplota venkovního vzduchu,
- dostatečná akumulační hmota budovy
- dobrá provětratelnost budovy

V ČR jsou teplotní podmínky pro noční větrání příznivé. Minimální noční teploty v letním období se pohybují pod 15 °C, a to i při maximální teplotě během dne 30 °C. Pro akumulaci tepla (chlada) v konstrukci budovy se uplatňuje pouze povrchová vrstva akumulačních konstrukcí do 10 cm, dle tloušťky stěny. Noční větrání může být přirozené nebo nucené. Přirozené větrání nespotřebovává elektrickou energii, ale pro jeho správnou funkci musí být přizpůsobena celá koncepce budovy vč. zajištění přístupu větracího vzduchu k akumulační hmotě budovy. Při nuceném větrání slouží k dopravě venkovního vzduchu ventilátory, u kterých musí být zohledněna spotřeba elektrické energie pro jejich pohon. Při nevhodném provozu ventilátorů může být výsledná spotřeba elektrické energie vyšší, než spotřeba energie strojního chlazení při stejném odvodu tepelné zátěže. Proto je nutné optimalizovat systém větrání, provedení a provoz konkrétní budovy z pohledu doby nočního větrání, intenzity větrání a regulace. [9]

4 ZHODNOCENÍ VARIANT

Varianta jedna s VZT systémem pomocí přímého chlazení multisplitovou jednotkou zajišťuje stabilní teplotu v průběhu celého dne. Vzhledem ke spotřebě elektrické energie provozu je první varianta energeticky nejvýhodnější.

Výhodnost první varianty spočívá v regulaci chladicího výkonu multisplitové jednotky, která reaguje na tepelnou zátěž místnosti. Příkon jednotky je plynule závislý na aktuálním chladicím výkonu díky invertorovému kompresoru a tak šetří energetickou náročnost systému.

Varianta dvě zajišťuje udržení teploty interiéru pod 26 °C. V průběhu dne vykazuje kolísání denní teploty v místnosti 4°C. Ve druhé variantě nereaguje chladicí výkon plynule na tepelnou zátěž. Kompresorová jednotka nereguluje svůj chladicí výkon podle vnitřní teploty v místnosti, ale svůj chladicí výkon mění v závislosti na venkovní teplotě vzduchu.

Spotřeba elektrické energie na provoz je větší než v první variantě. Jedná se o jednodušší systém obsahující méně prvků, pouze centrální VZT jednotka bez dochlazení pomocí multisplitové jednotky. Proto tato varianta spěje k nižším pořizovacím nákladům.

Z hlediska energetické náročnosti provozu systému je třetí varianta nejnáročnější. Důvodem je navýšení doby provozu ventilátorů o noční větrání. Nemalý příkon ventilátorů se negativně projevil na celkové spotřebě elektrické energie třetí varianty. Tato varianta chlazení s nočním větráním by byla vhodnější pro objekt s jiným druhem provozu.

Podstatnou roli z hlediska provozu nulových budov bude hrát systém měření a regulace (MaR). V praxi se budou prosazovat pokročilé soustavy řízení, které dokáží vyhodnotit aktuální energetické potřeby s ohledem na tvorbu vnitřního prostředí. Doporučuje se pokročilé monitorování provozu se zaznamenáváním spotřeb energií tak, aby bylo možné klimatizační zařízení optimalizovat a provozovat efektivně. [9]

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ:

Právní předpisy

- [1] *Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci*
- [2] *Vyhláška č. 137/2004 Sb. o hygienických požadavcích na stravovací služby a o zásadách osobní a provozní hygieny při činnostech epidemiologicky závažných*
- [3] *ČSN 12 7010 Vzduchotechnická zařízení - Návrhová větrací a klimatizační zařízení - Obecná ustanovení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.
- [4] *ČSN EN 13779. Větrání nebytových budov – Základní požadavky na větrací a klimatizační systémy*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1.8.2010.
- [5] *ČSN 73 0540 1-4. Tepelná ochrana budov*. : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1.10.2011.
- [6] *ČSN 73 0872. Požární bezpečnost staveb. Ochrana staveb proti šíření požáru vzduchotechnickým zařízením*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1.2.1996.
- [7] *ČSN 73 0548. Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů*. : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1.7.1986.

Elektronické zdroje

- [8] *Výroba, distribuce a emise chladu v budovách [online]*. Praha, 2011 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125esbt/prednasky/125esbt-13.pdf>
- [9] *Větrání a klimatizace budov s téměř nulovou spotřebou energi [online]*. Praha, 2012 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vetrani-klimatizace/9374-vetrani-a-klimatizace-budov-s-temer-nulovou-spotrebou-energie>
- [10] *Výpočet letní tepelné stability místnosti klasickou metodou a s využitím dynamické simulace [online]*. 2012 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <https://atelier-dek.cz/>

[11] *ING. OLGA RUBINOVÁ, PH.D. Interní mikroklima staveb [online]. Brno [cit. 2017-01-10].*

[12] *Jak se bránit slunci [online]. [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://www.dumproradost.cz/wp-content/uploads/2016/10/4.jpg>*

[13] *Hliníkové slunolamy venkovní [online]. [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://www.batima.cz/slunolamy/>*

[14] *Venkovní žaluzie [online]. [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://www.alurol.com/nabizime-venkovni-zaluzie.html>*

[15] *Venkovní žaluzie, rolety [online]. [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://www.htprodukt.cz/venkovni-zaluzie-a-rolety.php>*

[16] *Markýzy [online]. [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <https://www.adrems.cz/markyzy/resobox.html>*

[17] *Vnitřní žaluzie [online]. [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://www.hixon.cz/vnitri-zaluzie>*

[18] *Záclony a závěsy [online]. [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://stineni.innex.cz/kategorie-produktu/interier/zaclony-zavesy/>*

[19] *Vliv použité technologie na účinnost klimatizace a tepelných čerpadel [online]. [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://www.abklimatizace.cz/vlivy-na-ucinnost/>*

[20] *Klimatizační a větrací systémy [online]. MITSUBISHI ELECTRIC, 2015 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://www.mitsubishielectric.cz/dokumenty>*

[21] *Dopad výměny ekologických chladiv na chladicí techniku [online]. [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/provoz-a-udrzba-vetrani-klimatizace/9538-dopad-vymeny-ekologickych-chladiv-na-chladici-techniku>*

[22] *Jak je to vlastně s topným faktorem [online]. [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/2432-jak-je-to-vlastne-s-topnym-faktorem-i>*

Knižní publikace

[23] SZÉKYOVÁ, Marta. *Větrání a klimatizace*. Bratislava: Jaga, 2006. ISBN 80-807-6037-3.

[24] *Model tepelného mikroklimatu místnosti v programu Teruna*. Brno, 2002.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK:

Zkratky

VZT	- vzduchotechnika
ZZT	- zpětné získávání tepla
MaR	- měření a regulace
Obr.	- obrázek
NP	- nadzemní podlaží
Č.	- číslo
EER	- chladicí faktor

Fyzikální veličiny

c	- měrná tepelná kapacita	[J/kgK]
E	- elektrická energie	[kWh]
Q	- chladicí výkon	[W]
h	- entalpie	[kJ/kg]
P	- příkon	[W]
S	- plocha	[m ²]
t	- teplota	[°C]
t	- čas	[h]
U	- součinitel prostupu tepla	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]
v	- rychlost	[m/s]
V	- průtok vzduchu	[m ³ /h]
λ	- součinitel tepelné vodivosti	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]
ρ	- hustota vzduchu	[kg/m ³]

SEZNAM PŘÍLOH:

Komplexní posouzení skladeb konstrukce

Tabulka místností k praktické části

Výkres č. 1 Půdorys 1NP Varianta 1, M 1:100

Výkres č. 2 Půdorys střechy Varianta 1, M 1:100

Výkres č. 3 Půdorys 1NP Varianta 2, M 1:100

Výkres č. 4 Půdorys střechy Varianta 2, M 1:100